

La realidad aumentada como un recurso educativo

Yazmin Alexandra Ayala Romo

Asesor

Mario Andres Ramos Goyes

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2025

Agradecimientos

Expreso mi gratitud a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y a la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería por brindarme los espacios académicos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

Al director de esta monografía, el docente Mario Andrés Ramos Goyes, y a la docente Ángela María Vargas Arcila; codirectora, por su orientación, paciencia y valiosos aportes en cada etapa del desarrollo de este trabajo.

A mis profesores y amigos, quienes con sus comentarios, sugerencias y acompañamiento contribuyeron de manera significativa al enriquecimiento de este proyecto.

Dedicatoria

A Dios, fuente de fortaleza y sabiduría, por guiarme en cada paso de este camino académico.

A mi madre, quien con su amor, sacrificio y apoyo incondicional ha sido el pilar más grande en mi vida. Este logro le pertenece más a ella que a mí, pues gracias a su ejemplo de entrega y perseverancia hoy culmino esta meta.

Resumen

Esta monografía tiene como propósito analizar la producción científica relacionada con la aplicación de la realidad aumentada (RA) en la educación durante el periodo 2020–2023, se utilizó la base de datos Scopus como fuente principal de información y el software SciMAT para el procesamiento y análisis de los resultados, este estudio permitió identificar la evolución de la investigación, las principales temáticas en tendencias, los países con mayor producción científica y las universidades más activas en este campo de estudio. Los hallazgos evidencian un crecimiento sostenido en la aplicación de la RA como recurso pedagógico, con un énfasis en áreas como ciencias de la computación, ingeniería y entornos de e-learning.

Asimismo, se observó la incorporación de conceptos emergentes como metaverso, inteligencia artificial y tecnologías móviles, que amplían las posibilidades de innovación educativa, los resultados permiten concluir que la RA se ha consolidado como una herramienta estratégica para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje y que, además de ofrecer oportunidades de investigación en disciplinas poco exploradas, presenta aplicaciones prácticas que contribuyen al desarrollo de experiencias formativas más interactivas y efectivas.

Palabras clave: realidad aumentada, educación, análisis bibliométrico, SciMAT, innovación educativa.

Abstract

The purpose of this monograph is to analyze scientific production related to the application of augmented reality (AR) in education during the 2020–2023 period. The Scopus database was used as the primary source of information, and SciMAT software was used to process and analyze the results. This study allowed us to identify the evolution of research, the main trending topics, the countries with the highest scientific production, and the most active universities in this field of study. The findings demonstrate sustained growth in the application of AR as a pedagogical resource, with an emphasis on areas such as computer science, engineering, and e-learning environments.

Likewise, the incorporation of emerging concepts such as the metaverse, artificial intelligence, and mobile technologies was observed, expanding the possibilities for educational innovation. The results allow us to conclude that AR has established itself as a strategic tool to strengthen teaching-learning processes and that there are research opportunities in disciplines that are still underexplored.

Keywords: augmented reality, education, bibliometric analysis, SciMAT, educational innovation.

Tabla de contenido

| | |
|--|----|
| Introducción | 10 |
| Planteamiento del problema..... | 11 |
| Justificación | 13 |
| Objetivos..... | 15 |
| Objetivo General..... | 15 |
| Objetivos Específicos | 15 |
| Estado del Arte..... | 16 |
| Marco conceptual..... | 17 |
| Innovación Tecnológica | 17 |
| Realidad Aumentada | 17 |
| La Realidad Aumentada en la Educación | 18 |
| Estudio Bibliométrico | 19 |
| Metodología | 20 |
| Herramientas para la Investigación | 20 |
| <i>Base de Datos</i> | 20 |
| <i>Software SciMAT</i> | 21 |
| Procedimiento en la Base de Datos Scopus | 30 |
| <i>Creación de la Ecuación de Búsqueda</i> | 30 |
| Resultados del Analizador de Scopus | 34 |

| | |
|---|----|
| <i>Documentos por Año</i> | 34 |
| <i>Documentos por Área de Estudio</i> | 35 |
| <i>Publicaciones por País</i> | 37 |
| <i>Publicaciones por Afiliaciones a Universidades</i> | 39 |
| Mapas Científicos en SciMAT | 41 |
| <i>Creación de Mapas Científicos</i> | 41 |
| <i>Análisis de Mapas Científicos</i> | 45 |
| <i>Mapa de Evolución</i> | 46 |
| Análisis de Diagramas Estratégicos | 49 |
| <i>Diagrama Estratégico Periodo 2020</i> | 49 |
| <i>Diagrama Estratégico Periodo 2021</i> | 54 |
| <i>Diagrama Estratégico Periodo 2022</i> | 59 |
| <i>Diagrama Estratégico Periodo 2023</i> | 63 |
| Discusión..... | 67 |
| Hallazgos..... | 67 |
| Sugerencias para Futuras Investigaciones..... | 68 |
| Conclusiones..... | 70 |
| Referencias Bibliográficas | 73 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Conjunto de Palabras Claves y Palabras a Excluir para Construir la Búsqueda</i> | 32 |
| Tabla 2 <i>Publicaciones por País.....</i> | 38 |
| Tabla 3 <i>Distribución de Publicaciones Científicas Según la Afiliación a Universidades.....</i> | 40 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 <i>Arquitectura de SciMAT</i> | 24 |
| Figura 2 <i>Módulos de Interfaz Gráfica de Usuario</i> | 25 |
| Figura 3 <i>Diagrama Estratégico</i> | 28 |
| Figura 4 <i>Red de Clúster</i> | 29 |
| Figura 5 <i>Mapa de Evolución</i> | 30 |
| Figura 6 <i>Mapa de Superposición</i> | 30 |
| Figura 7 <i>Cantidad de Publicaciones por Año</i> | 34 |
| Figura 8 <i>Documentos Publicados por Áreas de Estudio</i> | 36 |
| Figura 9 <i>Distribución de Palabras Claves por Documentos</i> | 42 |
| Figura 10 <i>Ítems de Grupo de Palabras AUGMENTED-REALITY</i> | 43 |
| Figura 11 <i>Mapa de Evolución Grupos de Palabras Claves Sobre la RA</i> | 45 |
| Figura 12 <i>Mapa de Evolución de Términos Clave Basados en el Formato h-index</i> | 47 |
| Figura 13 <i>Diagrama Estratégico Basado en el Índice H para el Año 2020</i> | 50 |
| Figura 14 <i>Diagrama Estratégico Basado en el Número de Documentos para el Año 2020</i> | 51 |
| Figura 15 <i>Red Clúster del Término "EDUCATION"</i> | 52 |
| Figura 16 <i>Red de Clúster del Término "VIRTUAL-REALITY"</i> | 54 |
| Figura 17 <i>Diagrama Estratégico Basado en el Índice H para el Año 2021</i> | 55 |
| Figura 18 <i>Red de Clúster del Término AUGMENTED REALITY</i> | 57 |
| Figura 19 <i>Red de Clúster del Término LEARNING-TOOLS</i> | 58 |
| Figura 20 <i>Diagrama Estratégico Basado en el Índice H para el Año 2022</i> | 60 |
| Figura 21 <i>Diagrama Estratégico Basado en el core-documentsCount para el Año 2022</i> | 61 |
| Figura 22 <i>Red de Clúster del Término TEACHING</i> | 62 |

| | |
|--|----|
| Figura 23 <i>Figura 21. Diagrama Estratégico Basado en el Índice H para el Año 2023</i> | 64 |
| Figura 24 <i>Red de Clúster del Término AUGMENTED REALITY</i> | 66 |

Introducción

El avance de las tecnologías digitales ha transformado de manera significativa los procesos educativos, generando nuevas oportunidades para el diseño de entornos de aprendizaje interactivos y personalizados, entre estas innovaciones, la realidad aumentada (RA) se ha consolidado como una herramienta con alto potencial pedagógico, al posibilitar la integración de elementos virtuales con escenarios reales en tiempo real; esta característica convierte a la RA en un recurso que favorece experiencias inmersivas, fomenta la motivación estudiantil y potencia el aprendizaje autónomo.

A pesar de su creciente interés, persiste la necesidad de estudios sistemáticos que permitan comprender cómo la comunidad científica ha abordado la inclusión de la RA en contextos educativos, en este marco, el presente trabajo se plantea realizar un análisis bibliométrico de la producción científica reciente sobre la RA como recurso educativo, a partir de una base de datos Scopus y el uso de herramientas de mapeo científico en la herramienta SciMAT.

El análisis se enfoca en identificar las principales tendencias, vacíos y oportunidades de investigación, así como las aplicaciones prácticas de la RA en los procesos de aprendizaje, con el propósito de fortalecer los fundamentos teóricos y prácticos que orienten futuras iniciativas académicas y tecnológicas, se espera que los resultados de este estudio contribuyan al desarrollo de la comunidad investigadora y sirvan de apoyo a instituciones educativas, docentes y estudiantes interesados en incorporar recursos inmersivos e interactivos en sus modelos de enseñanza.

Planteamiento del problema

El autor (Barriga, 2007) establece que “si valoramos la forma en que los desarrollos tecnológicos se han ido introduciendo en el campo de la educación, vemos que ha impactado de manera significativa la educación, en el sentido de que se está propiciando un cambio profundo en los paradigmas educativos”. En este contexto, la (RA) se ha posicionado como una tecnología con alto potencial educativo, al permitir la integración de elementos virtuales con entornos reales en tiempo real asegurando beneficios en los procesos de aprendizaje-enseñanza como una gran alternativa en la formación, generando experiencias inmersivas y significativas (Carracedo & Martínez Méndez, 2012).

Diversos informes internacionales, como el Horizon Report (2012) y los EduTrends del Observatorio del Tecnológico de Monterrey (2015), han destacado la relevancia de la RA en la educación superior, enfatizando su aplicación en modelos tecno-pedagógicos, metodologías activas y entornos virtuales de aprendizaje. Sin embargo, a pesar del creciente interés académico en esta tecnología, persiste la necesidad de realizar estudios sistemáticos que permitan comprender el comportamiento de la investigación científica sobre la RA aplicada a la educación.

Esta necesidad cobra mayor importancia en el marco del proyecto “Desarrollo de un modelo de arquitectura tecnológica orientada al despliegue de servicios interactivos de RA para apoyar los procesos didácticos del laboratorio de operaciones y manufactura de la UNAD” (Vasco Gutiérrez et al., 2020), en el cual se plantea la integración de los modelos RUP y XP para el diseño de soluciones didácticas innovadoras. Para sustentar esta iniciativa, es esencial realizar un análisis del panorama investigativo que permita identificar enfoques, tendencias y vacíos en el uso educativo de la RA

Además, en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) se ha identificado una limitada documentación sobre la RA como herramienta de apoyo para la adquisición de aprendizajes prácticos en entornos virtuales, lo cual representa un obstáculo para su aprovechamiento pedagógico en contextos de educación a distancia.

Por lo tanto, se considera pertinente analizar bibliométricamente la evolución y el comportamiento de la producción científica relacionada con la aplicación de la RA en la educación, a fin de fortalecer los fundamentos teóricos de proyectos institucionales, orientar futuras investigaciones y promover su integración efectiva en los procesos formativos.

Justificación

Según distintos autores (García et al., 2010; Fombona et al., 2012; Muñoz, 2013; Prendes, 2015; Cabero & Barroso, 2016; Cabero & García, 2016; Johnson et al., 2016) la RA es la tecnología que relaciona y conjuga la información digital y física en tiempo real, haciendo uso de diversos dispositivos tecnológicos, para crear una nueva realidad, para lo cual tanto la realidad física como la digital son necesarias. Es así como se crea una escenografía mediática, que incrementa la calidad y cantidad de información a la cual un usuario puede tener acceso.

Desde el ámbito educativo, la RA ha sido reconocida como una herramienta eficaz para mejorar la motivación, la participación activa y el desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes (Muñoz, 2013; Prendes, 2015; Cabero & García, 2016). Su implementación se ha convertido en una estrategia valiosa para integrar elementos de la formación presencial con la educación virtual, lo cual se alinea con los principios pedagógicos de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

En este sentido, resulta esencial conocer la manera en que la RA ha sido abordada desde la investigación científica en contextos educativos, para identificar las temáticas predominantes, autores más relevantes, enfoques metodológicos empleados y posibles vacíos del conocimiento, este análisis permitirá tomar decisiones informadas sobre la incorporación de la RA como recurso pedagógico innovador, favoreciendo así el diseño de experiencias formativas significativas. Asimismo, es fundamental que los docentes se mantengan actualizados respecto al uso de tecnologías que promuevan el pensamiento lógico, crítico y tecnológico en los estudiantes, facilitando una enseñanza orientada al aprendizaje autónomo y autodidacta. La RA, en este marco, ofrece una vía para potenciar la educación desde el aprendizaje inmersivo y la interacción virtual.

Finalmente, esta investigación bibliométrica contribuirá a mapear el desarrollo científico del campo de estudio, ofreciendo a la comunidad académica una visión integral sobre las tendencias, oportunidades y desafíos en la aplicación de la RA en la educación. Los hallazgos servirán como base para futuras investigaciones y como insumo estratégico para mejorar la calidad de los procesos formativos en instituciones que, como la UNAD, promueven una educación flexible, virtual y de calidad.

Objetivos

Objetivo General

Realizar un análisis bibliométrico sobre la producción científica relacionada con la inclusión de la RA en la educación, con el fin de comprender su comportamiento como recurso pedagógico en los procesos de aprendizaje y formación profesional.

Objetivos Específicos

Diseñar un protocolo de búsqueda y revisión sistemática que permita la identificación y clasificación de fuentes bibliográficas relevantes en el ámbito de la RA aplicada a la educación.

Delimitar el análisis bibliométrico a un periodo de tiempo específico, con el propósito de garantizar la actualidad, validez y confiabilidad de la información recopilada.

Analizar e interpretar los resultados obtenidos en la revisión bibliométrica, identificando las principales tendencias, enfoques temáticos y vacíos de investigación en torno a la aplicación de la RA en los procesos educativos y de formación profesional.

Estado del Arte

Se ha identificado que existen diversos trabajos relacionados con esta investigación, los cuales se enfocan en el estudio de la RA y su aplicación en la educación para fortalecer los procesos de formación. Entre estos, destacan los artículos de Vázquez-Carbonell (2022) y Aljattabi (2017).

En el artículo “Una revisión sistemática de la literatura sobre la RA en la educación en ingeniería: hardware, software, motivación de los estudiantes y recomendaciones de desarrollo” (Vázquez-Carbonell, 2022), se realiza un análisis sobre la RA como recurso educativo, especialmente en el área de ingeniería. Además, se examinan las tendencias en el desarrollo de software asociado a esta tecnología, posicionando a Alemania e India como los países líderes en investigaciones sobre el tema.

Por otro lado, el artículo “Realidad Aumentada como Herramienta de E-learning en la Educación Primaria: Barreras para la Adopción Docente. (Aljattabi 2017)” centra su análisis en los beneficios de la aplicación de RA en entornos educativos, particularmente en la educación primaria; el estudio explora la aceptación de los usuarios hacia esta tecnología como recurso innovador de enseñanza en entornos de aprendizaje electrónico, e identifica barreras y beneficios en su adopción, considerando el impacto que ha tenido el crecimiento tecnológico en los procesos educativos, incluso para los más jóvenes.

De este modo, la presente monografía tiene como objetivo analizar la RA como una herramienta en la educación y cómo sus aplicaciones pueden influir en la mejora de la capacidad e aprendizaje de los estudiantes, a partir del estudio de investigaciones previas relacionadas con el tema.

Marco conceptual

La RA, como parte de las tecnologías emergentes de la Industria 4.0, representa una herramienta innovadora con alto potencial para transformar los procesos educativos. Su capacidad para integrar elementos virtuales en entornos reales permite enriquecer la experiencia de aprendizaje dentro y fuera del aula, favoreciendo una formación más interactiva y significativa, en este contexto, resulta fundamental definir conceptos clave como innovación tecnológica, RA y su aplicación en la educación, así como el estudio bibliométrico, para establecer una base teórica sólida que sustente el análisis que se desarrollará en esta investigación

Innovación Tecnológica

A lo largo de la historia, se han generado nuevas alternativas para transformar ideas en procesos, productos o servicios innovadores, orientados a resolver problemáticas específicas. La innovación tecnológica se sustenta en la investigación aplicada y el desarrollo experimental, dando lugar a soluciones que impactan de manera positiva en los ámbitos económico, social, industrial y educativo.

Según Tejada, Cruz, Uribe y Ríos (2019), la innovación tecnológica constituye un pilar fundamental para el desarrollo de las organizaciones, ya que promueve la creación de conocimiento y propuestas que fortalecen el bienestar y la sostenibilidad. Estas transformaciones permiten generar ventajas competitivas y fortalecer la estructura social.

Realidad Aumentada

Para (Azuma, 1997) “la realidad aumentada consiste en la incorporación de datos e información digital en un entorno real, mediante el reconocimiento de patrones por software, es decir, es una herramienta interactiva que ha pasado de dar sus primeros pasos a estar presente en

multitud de ámbitos y disciplinas, trayendo el mundo digital a nuestro entorno real. Combina elementos reales y virtuales, es interactiva en tiempo real y está registrada en 3D”.

Un sistema de RZ se caracteriza porque combina lo real y lo virtual en tiempo real, las aplicaciones de RA se basan en el uso de información e imágenes generadas por computadores o teléfonos móviles para ser superpuestas en el campo de visión de los usuarios. Actualmente, la RA se enfoca en algo más simple y mucho más práctico de usar y aplicar en diferentes entornos, se compone de cuatro elementos básicos: un dispositivo de captura (como una cámara), una interfaz o pantalla para visualizar la fusión de imágenes reales y digitales, un software de procesamiento que interpreta la información capturada y genera contenido digital, y un activador o marcador que alimenta al software con datos, como sensores o códigos. (Alegría, 2015).

La Realidad Aumentada en la Educación

La RA es considerada una de las innovaciones tecnológicas que está revolucionando los procesos educativos en la formación académica y profesional, ya que la interacción con información virtual y permite al usuario estar en un entorno real con información adicional generada por dispositivos, es una implementación que llama la atención del estudiante, también es determinante en la educación, en aplicaciones como la pizarra táctil, existe muchas posibilidades de que haya mejoras en la innovación de prácticas pedagógicas que ayuden a motivar a la población estudiantil en el proceso de aprendizaje según la diversidad de necesidades que se presente en el área. (Pita, 2018)

La RA además ofrece grandes posibilidades educativas como por ejemplo la creación de contenidos multimedia interactivos, para poder crear entornos enriquecidos en tecnología que favorezcan la adquisición de información y adecuar los tipos de aprendizaje de los estudiantes, también es muy importante porque puede ser utilizado en contextos formación a distancia y e-

learning; permitiendo un aprendizaje personalizado y autónomo, es decir, que un estudiante pueda ir a su propio ritmo con sus propias capacidades e intereses.

Según señala Wojciechowski y Cellary (2013) la RA apoya el despliegue de la metodología constructivista ya que puede facilitar el aprendizaje interactivo y dinámico donde los alumnos sean capaces de modificar los elementos para poder generar ideas y experimentar favoreciendo a su formación e innovación tecnológica.

Estudio Bibliométrico

Dentro de la cienciometría encontramos la bibliometría o estudio bibliométrico que se basa principalmente en estudiar la actividad científica; centrándose en los artículos científicos, el objetivo de la bibliometría es cuantificar la información utilizando métodos cuantitativos fundamentados por leyes bibliométricas que se apoyan en las matemáticas y el comportamiento estadístico a lo largo del tiempo (Escorcía, 2008). En consecuencia, el estudio bibliométrico toma un número muestra de publicaciones de acuerdo con la unidad de análisis, utilizando las bases de datos que permita determinar los campos de investigación.

Puede definirse también como la aplicación de análisis estadísticos que permiten estudiar el uso y creación de documentos, el estudio y análisis de la producción de documentos, tal y como se expone en las bibliografías, utilizando métodos matemáticos y estadísticos, para determinar y analizar cómo son utilizados los libro, documentos, artículos y demás producción literaria de interés para la investigaciones y creaciones de nuevos documentos. También se puede decir que es una de las herramientas con la cual se puede observar el estado de la ciencia y la tecnología a través de la producción global de la literatura científica en un nivel dado de especialización. (Solano, Castellanos, López & Hernández, 2009).

Metodología

Esta investigación se desarrolla siguiendo un enfoque bibliométrico, que permite cuantificar y analizar la producción científica disponible en una base de datos específica, el objetivo principal es realizar un análisis profundo sobre el uso de la RA como recurso educativo; para ello, se identifican variables clave como la cantidad de publicaciones relacionadas con el tema, los términos más relevantes, los países de origen de las investigaciones y los años de publicación.

Con el fin de garantizar resultados pertinentes, se selecciona una base de datos que ofrece herramientas para filtrar los artículos científicos más significativos y a partir de esta selección, se recopila un conjunto de documentos que son analizados mediante mapeo científico y procesados con el software SciMAT, lo que permite identificar tendencias y patrones en el campo de estudio.

Herramientas para la Investigación

Base de Datos

En el desarrollo de este estudio se ha seleccionado la base de datos Scopus como fuente principal para la búsqueda y recopilación de documentos de literatura científica. Se ha elegido esta base de datos ya que cuenta con una amplia cobertura multidisciplinar, que incluye contenido de alta calidad en áreas como tecnología y educación, por lo que es ideal para nuestro tema de investigación sobre la RA.

Scopus es un producto de Elsevier que fue lanzada en noviembre de 2004 y brinda 240 disciplinas como herramientas de investigación y análisis con más de 7000 editoriales que son bastante confiables ya que pasan por rigurosos procesos de evaluación y selección ante el Consejo Asesor y de Selección de Contenido (CSAB) independiente; que es un grupo internacional de científicos, investigadores y bibliotecarios representantes de las principales

disciplinas científicas que se encarga de evaluar y determinar qué artículos, revistas, libros, editoriales, encuestas y demás se aceptan en Scopus y cuáles se excluyen, de esta manera garantizar que se incluya la cobertura más amplia y el contenido de mayor calidad, el CSAB mantiene y sigue una política de selección transparente y sólida, además esta política se revisa periódicamente. (Elsevier, 2023)

Scopus indexa documentos de múltiples áreas como ingeniería, ciencias de la vida, geología y ciencias médicas, sobre temas médicos, utiliza los términos Emtree y MeSH, también incluye los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas en los detalles de los documentos, por otro lado, ofrece métricas de impacto y participación de artículos, como las métricas de citas de Scopus y PlumX, que permiten un análisis detallado del uso, menciones y citas de un artículo.

Esta base de datos ofrece a los usuarios realizar búsquedas detalladas mediante comandos específicos para filtrar artículos según diferentes etapas de publicación, refinar los resultados utilizando el panel de refinación, lo que les permite limitar o excluir tipos de publicaciones, aplicar filtros de acceso abierto o según la etapa de publicación, el año, el área, el idioma, zona geográfica, tipo de documento para obtener resultados más cercanos a lo que se está investigando. De hecho, aproximadamente el 20% de los títulos en Scopus se publican en idiomas distintos del inglés, lo que suma un total de 40 idiomas locales (o se publican tanto en inglés como en otro idioma). (Elsevier, 2023)

Software SciMAT

Para el análisis bibliométrico en esta monografía se utiliza SciMAT (Science Mapping Analysis software Tool) que es una herramienta de software de mapeo científico de código abierto; utiliza varios métodos y algoritmos para cubrir cada etapa del flujo de trabajo en la

creación de mapas científicos, desde la fase de preprocesamiento hasta la visualización de los resultados, también permite llevar a cabo estudios mediante diversas redes bibliométricas, tales como co-palabras, cocitación, cocitación de autores, cocitación de revistas, coautoría, y acoplamiento bibliográfico en revistas y autores, también ofrece la posibilidad de aplicar distintas medidas de normalización y similitud a los datos, como la fuerza de asociación, el índice de equivalencia, el índice de inclusión, el índice de Jaccard y el coseno de Salton. Para la visualización el software combina tres tipos de representaciones (diagramas estratégicos, redes de clústeres y áreas de evolución), lo cual facilita la interpretación de los resultados. (Cobo et al. 2010).

SciMAT a partir de un grupo de publicaciones construye una base de conocimiento que almacena y organiza diversas entidades; que representan los elementos o conceptos clave de un documento científico. “Esta base está compuesta por 16 entidades: Afiliación, Autor, Grupo de autores, Referencia del autor, Grupo de referencia de autores, Documento, Diario, Fecha de publicación, Período, Referencia, Grupo de referencia, Fuente de referencia, Grupo de fuentes de referencia, Tema-Categoría, Palabras clave, y Grupo de palabras” (Cobo et al., 2012, p. 1614), esta estructura facilita el preprocesamiento y mejora la calidad de los datos para obtener análisis más precisos de los mapas científicos.

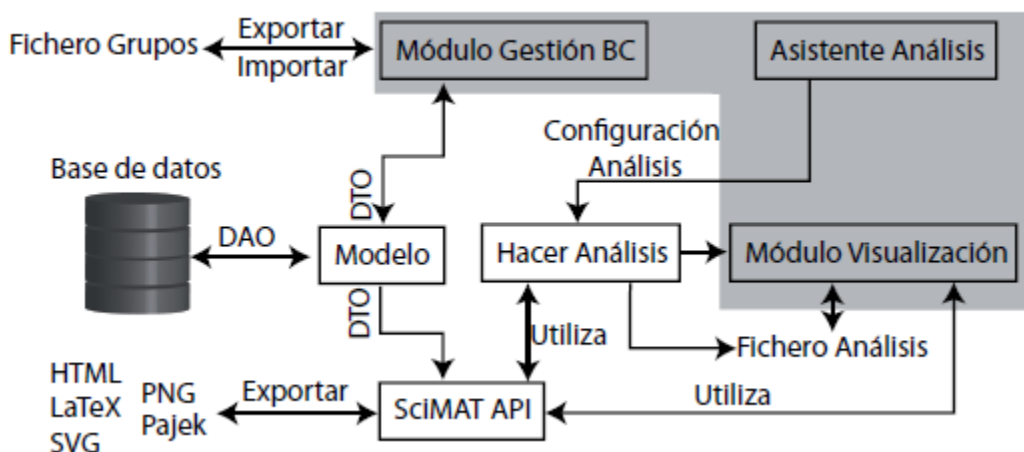
La entidad principal en SciMAT es el Documento, que contiene la información clave del artículo científico, como título, resumen, DOI y citas, a esta entidad se asocian también Autor que indican quien o quienes desarrollaron el documento y Afiliación que agrupa el conjunto de instituciones asociadas en el desarrollo de la publicación. Las Palabras clave, proporcionadas tanto por los autores como por bases de datos permiten identificar los temas centrales del documento y crear Grupo de palabras.

Las Referencias son esenciales, ya que representan las citas que fundamentan el artículo; estas citas se organizan mediante las entidades Referencia del autor y Fuente de referencia, las cuales ayudan a clasificar y asociar las fuentes citadas. Además, los documentos se agrupan según su Revista, Fecha de publicación y Periodo, permitiendo así un análisis temporal y temático del documento.

En la creación del mapa científico se pueden utilizar cinco de las entidades mencionadas como unidades de análisis para el mapeo científico: Autor, Palabra, Referencia, Autor-Referencia y Fuente-Referencia, estas deben ser preprocesadas, prestando atención a la deduplicación y corrección de errores ortográficos; de esta manera los elementos similares se unifican de acuerdo a la asociación de sus entidades y solo se mantiene uno de ellos dentro de la base de conocimiento. Es por eso que se añade el concepto de grupo para cada unidad de análisis y se crean cinco tipos de grupos: Grupo de autores, Grupo de palabras, Grupo de referencia, Grupo de referencia de autores, y Grupo de referencia de fuente (Cobo et al. 2010).

Arquitectura de SciMAT

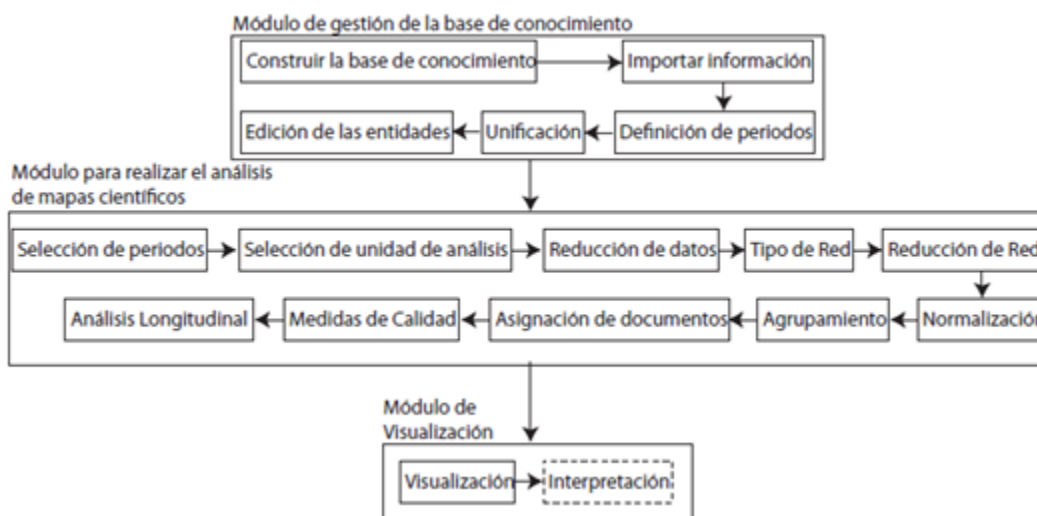
Scimat está compuesto por módulos que son los encargados de realizar el análisis del mapeo científico; la interacción de ellos incluye tanto los componentes visibles para el usuario a través de la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) como los elementos internos que forman el núcleo del sistema. En la figura 1. se puede apreciar a detalle la arquitectura que se divide en áreas clave del funcionamiento interno de la herramienta, así como los bloques sombreados representan la gestión de la GIU.

Figura 1*Arquitectura de SciMAT*

Nota. Diagrama de bloques Arquitectura SciMAT.

El núcleo principal de SciMAT está compuesto por dos elementos esenciales: el Modelo y la API de SciMAT (SciMAT API); el Modelo actúa como un puente entre la interfaz gráfica de usuario (GUI) y la base de conocimientos almacenada en la base de datos, su funcionamiento se basa en dos patrones clave: DAO (Objeto de Acceso a Datos), encargado de gestionar la comunicación con la base de datos, así como las operaciones de selección y edición de entidades; y DTO (Objeto de Transferencia de Datos), que representa las entidades bibliométricas y facilita la transferencia de información entre los diferentes módulos del sistema. Por otro lado, la API de SciMAT es el motor de análisis del sistema, incluyendo todos los algoritmos y métodos presentes en la importación de datos en diferentes formatos, aplicación de filtros, la construcción y normalización de la red bibliométrica, crear el mapa científico y visualizar sus resultados.

En cuanto a la Interfaz Gráfica de Usuario incluye tres módulos principales que facilitan la interacción del usuario con el sistema permitiendo desarrollar diferentes pasos del flujo de trabajo del análisis de mapas científicos como indica la figura 2.

Figura 2*Módulos de Interfaz Gráfica de Usuario*

Nota. Flujo de trabajo para el análisis de mapas científicos.

El Módulo de Gestión de la Base de Conocimiento permite importar datos desde formatos bibliográficos estándar, como RIS o CSV, y organiza los datos en una base de conocimiento, este módulo realiza tareas clave de preprocesamiento, como limpiar, corregir y editar entidades, gestionar asociaciones y deduplicar ítems similares mediante herramientas avanzadas, como el uso de Grupos, también organiza los datos en intervalos temporales utilizando la entidad Periodo.

El Módulos Asistente para la Configuración del Análisis guía al usuario en la selección de métodos, algoritmos y parámetros necesarios para configurar un análisis. El flujo de trabajo se divide en cuatro etapas clave: primero, en la construcción del conjunto de datos, el usuario puede elegir los periodos de tiempo, la unidad de análisis seleccionando cualquiera de los cinco grupos de la base de conocimiento y aplicar filtros para reducir los datos según un umbral de frecuencia mínima para cada periodo.

En la segunda etapa, creación y normalización de la red, se construye una red mediante métodos de co-ocurrencia como co-autor, co-palabra, co-citación, co-citacion de autores y co-citacion de revista, o también mediante acoplamiento de acuerdo con la unidad de análisis seleccionada, una vez construida la red, se realiza un proceso de reducción para filtrar los elementos menos representativos, utilizando un umbral mínimo para las aristas de la red. Esto garantiza que solo se mantengan las conexiones más relevantes, eliminando aquellas que no cumplen con el criterio de frecuencia o valor mínimo (Coulter et al., 1998). Posteriormente, se aplica un proceso de normalización utilizando una medida de similitud para ajustar las relaciones entre los elementos de la red. Las medidas de similitud más comunes incluyen el índice de Jaccard (Peters & van Raan, 1993), el coseno de Salton (Salton & McGill, 1983), y la fuerza de asociación (Coulter et al., 1998), entre otras.

A continuación, en el tercer paso esta la aplicación de un algoritmo de agrupamiento, se selecciona un algoritmo que agrupe los elementos en clústeres, facilitando la construcción del mapa para organizar los elementos de la red (como autores, términos o referencias) en clústeres o grupos, este proceso permite identificar patrones y relaciones entre los elementos y, a su vez, construir un mapa científico que muestra cómo se agrupan y cómo evolucionan las áreas de investigación a lo largo del tiempo (Cobo et al., 2011). Los algoritmos más comunes utilizados en este paso incluyen el algoritmo de centros simples, que define clústeres alrededor de un nodo central, y el enlace único, que agrupa los elementos más cercanos entre sí (Coulter et al., 1998). También se puede elegir el enlace completo y el enlace medio, que agrupan elementos en función de la distancia más larga o el promedio de las distancias entre los elementos dentro de los clústeres y el enlace de suma se utiliza para crear clústeres basándose en la suma de las distancias entre los elementos de los clústeres (Small & Sweeney, 1985).

Por último, en la fase de análisis, el módulo permite realizar varios tipos de análisis entre ellos el análisis de red que tiene como objetivo evaluar la estructura y cohesión de los clústeres dentro del mapa. Para ello, se utilizan medidas como la densidad de Callon,, y la centralidad de Callon; estas medidas ayudan a identificar cómo se interrelacionan los diferentes elementos y el grado de cohesión dentro de la red científica (Callon et al., 1991). El análisis de rendimiento mide la calidad y el impacto de los clústeres generados se emplean métricas bibliométricas como el número de documentos, las citas obtenidas, y otros índices de productividad e impacto como el índice h y el índice g, para evaluar tanto la relevancia como la influencia de los temas o autores dentro de la red (Hirsch, 2005; Alonso et al., 2010). Por otro lado el análisis temporal o longitudinal, que permite estudiar cómo han evolucionado los temas o conceptos a lo largo del tiempo.

Finalmente, el Módulo de Visualización se encarga de presentar los resultados del análisis a través de técnicas visuales interactivas como diagramas estratégicos, mapas de evolución, mapas de superposición y redes de clústeres, además permite al usuario interactuar con los datos y comprender los patrones subyacentes en un campo de investigación, ofreciendo herramientas gráficas avanzadas y opciones de exportación en formatos como HTML, LATEX, PNG, SVG y Pajek, lo que facilita la personalización y presentación de los resultados..

El diagrama estratégico organiza los clústeres en un espacio bidimensional basado en dos indicadores clave: densidad, que mide el grado de desarrollo interno del clúster, y centralidad, que evalúa su importancia dentro del campo de estudio, cada clúster está representado como una esfera cuyo tamaño expone la cantidad de documentos asociados. Estos parámetros permiten clasificar los clústeres en cuatro categorías como se presenta la figura 3: temas altamente motores desarrollados y centrales, temas especializados pero aislados, temas básicos y

transversales, y temas emergentes o en desaparición. Esta representación visual ayuda a identificar áreas estratégicas de investigación, así como temáticas en crecimiento o desatendidas (Cobo et al., 2011).

Figura 3

Diagrama Estratégico

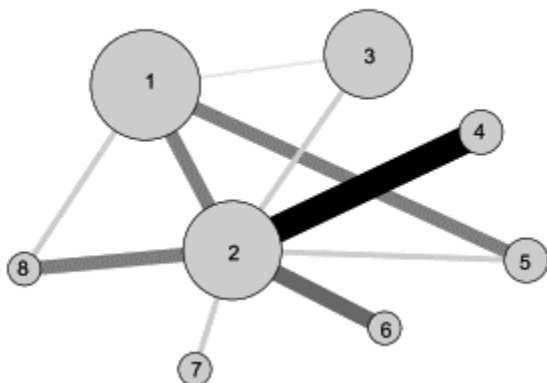


Nota. Distribución en cuadrantes para clasificar la información según su estado de investigación.

Por otro lado, la red de clústeres como la de la figura 4 indica las relaciones internas entre los elementos de un clúster y su interacción con otros grupos. Los nodos de esta red representan términos o palabras clave, mientras que las líneas que los conectan indican el grado de asociación, el grosor de estas líneas representa el índice de inclusión, lo que permite identificar los elementos más relevantes dentro de la red, esta técnica es muy útil para analizar cómo los conceptos se relacionan y estructuran en un área temática específica, destacando los nodos clave que actúan como puentes entre diferentes grupos.

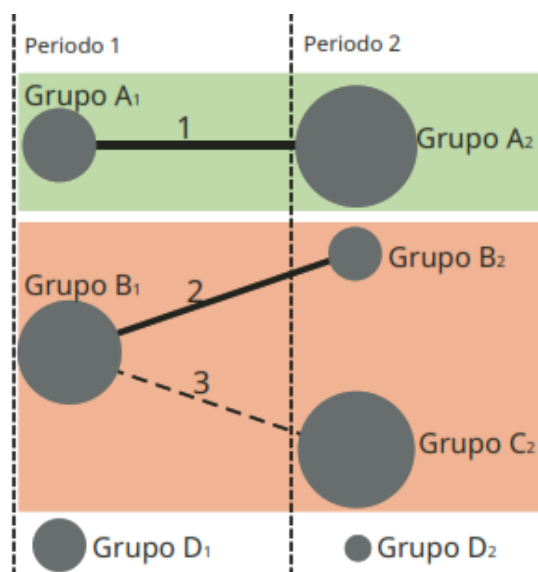
Figura 4

Red de Clúster

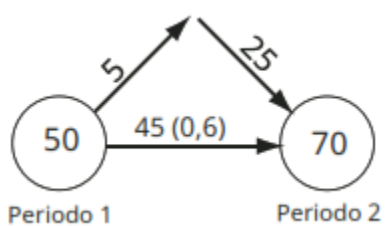


Nota. Representación visual de una red de la conexión de una red de clúster.

En la figura 5 puede observar el mapa de evolución se centra en el análisis temporal, mostrando cómo los clústeres cambian, se transforman o desaparecen a lo largo del tiempo, las líneas continuas entre clústeres indican conexiones temáticas sólidas entre períodos consecutivos, mientras que las líneas de puntos revelan vínculos parciales; este mapa también permite identificar clústeres que se dividen en subgrupos, se fusionan o desaparecen, proporcionando una visión longitudinal de la evolución de un campo de estudio y se complementa con el mapa de superposición presentado en la figura 6 destaca los elementos compartidos, nuevos o desaparecidos entre dos períodos de análisis, los círculos representan los períodos y su tamaño indica el número de ítems asociados y las flechas indican cambios específicos: las horizontales muestran los elementos compartidos entre períodos, mientras que las ascendentes y descendentes destacan los nuevos ítems añadidos o los que desaparecen.

Figura 5*Mapa de Evolución*

Nota. Distribución y relación de clústeres según el periodo

Figura 6*Mapa de Superposición*

Nota. Elementos nuevos y desaparecidos por cada periodo

Procedimiento en la Base de Datos Scopus

Creación de la Ecuación de Búsqueda

Teniendo en cuenta que la monografía tiene como objetivo principal el estudio bibliométrico sobre la inclusión de la RA en la educación y su aplicación como un recurso

educativo en el proceso de aprendizaje, se ha tomado como palabras principales “Realidad Aumentada”, “Educación” y “Tecnología Educativa”. Para cada una de estas palabras claves principales se buscaron palabras relacionadas o sinónimos que permitan realizar una búsqueda más avanzada y encontrar artículos que se relacionen mucho más con el tema de investigación; de igual manera se determinaron ciertas palabras claves que pueden estar relacionadas a las principales pero que en este caso no servirán en la investigación.

El inglés es el idioma predominante en la publicación de artículos científicos; representando aproximadamente el 80 % de los documentos indexados en la base de datos Scopus, aunque también se incluyen publicaciones en otros idiomas, su representación es significativamente menor, por esta razón, la búsqueda se lleva a cabo en inglés, con el objetivo de maximizar la cobertura y relevancia de los resultados obtenidos. A continuación, se presentan las palabras claves que se determinaron para la búsqueda:

- Realidad aumentada (augmented reality)
- Tecnología inmersiva (immersive technology)
- Entornos interactivos (interactive environments)
- Recurso educativo (educational resource)
- Herramienta de enseñanza (teaching tool)
- Herramienta de aprendizaje (learning tool)
- Aplicación educativa (educational application)
- Juego de azar (gaming)
- Entretenimiento (entertainment)
- Redes sociales (social media)

Tabla 1

Conjunto de Palabras Claves y Palabras a Excluir para Construir la Búsqueda

| Palabras clave principales | | Palabras para excluir |
|----------------------------|-------------------------|-----------------------|
| augmented reality | educational resource | gaming |
| immersive technology | teaching tool | entertainment |
| interactive environments | learning tool | social media |
| | educational application | |

Nota. Palabras seleccionadas y excluidas para la creación de la ecuación de búsqueda.

Para la búsqueda en Scopus, se emplearon los descriptores agrupados en la tabla 1 “augmented reality,” “immersive technology,” y “interactive environments,” vinculados a términos relacionados con el uso educativo, tales como “educational resource,” “teaching tool,” “learning tool,” y “educational application.” Estos términos fueron combinados utilizando el operador booleano AND, junto con la exclusión de áreas que no son relevantes para el enfoque educativo, como "gaming," "entertainment," y "social media," mediante el uso del operador booleano NOT. La selección de estas palabras clave responde a la necesidad de centrar la búsqueda en artículos relacionados exclusivamente con el uso de la RA como recurso educativo, excluyendo áreas de entretenimiento o redes sociales.

Por lo tanto, la ecuación de búsqueda establecida para este análisis bibliométrico es la siguiente:

(("augmented reality" OR "immersive technology" OR "interactive environments") AND ("educational resource" OR "teaching tool" OR "learning tool" OR "educational application")) AND NOT (gaming OR entertainment OR "social media")

Para esta búsqueda se establece un periodo de tiempo de los 4 últimos años (2020,2021,2022 y 2023) para investigar la producción científica más reciente. Scopus cuenta con unas herramientas que permiten refinar la búsqueda de manera progresiva, proporcionando diferentes opciones para ajustar las características de los resultados obtenidos y optimizar su relevancia.

Al introducir la ecuación en el motor de búsqueda de la base de datos se obtuvieron inicialmente 5,623 documentos, una cantidad considerable que requiere ser filtrada conforme a las necesidades específicas de esta monografía; el primer filtro aplicado es el periodo de tiempo, delimitado entre los años 2020 a 2023; lo que redujo a 3,156 documentos. Posteriormente, se aplicó un segundo filtro relacionado con el tipo de documento, seleccionando únicamente artículos científicos para el análisis bibliométrico, lo que resultó en un total de 1,614 artículos.

Finalmente, se aplican filtros adicionales para lograr una selección más precisa, considerando las áreas de estudio más relevantes para esta investigación, con un enfoque principal en disciplinas como ingeniería y tecnología, esto se debe a que la monografía se enmarca en el proyecto de investigación “Desarrollo de un modelo de Arquitectura tecnológica orientada al despliegue de servicios interactivos de RA para apoyar los procesos didácticos del laboratorio de operaciones y manufactura de la UNAD”. En consecuencia, con lo anterior, se excluyen áreas de estudio que no resultan tan pertinentes para los objetivos de esta investigación.: Economía, econometría y finanzas, Inmunología y microbiología, Veterinaria, Farmacología, Toxicología y Farmacia, Odontología, Neurociencia, Enfermería, Ciencias de la decisión, Profesiones de la salud, Ciencias ambientales, Negocios, Gestión y Contabilidad, Psicología, Artes y humanidades, Medicamentos, Ciencias Sociales. Al filtrar los artículos

excluyendo áreas de estudio que no están directamente relacionadas con ingeniería y tecnología se obtienen 406 documentos.

Finalmente, se excluyeron algunas palabras clave que no son especialmente relevantes para el tema, entre ellas Anatomía, Extracción de características, Mujer, Hombre, Enfermedades, Gamificación, Toma de decisiones, Rendimiento, COVID-19, Encuestas; de esta manera se obtiene una muestra final de 346 artículos los cuales fueron analizados tanto con el analizador de resultados que proporciona Scopus como también con el software SciMAT.

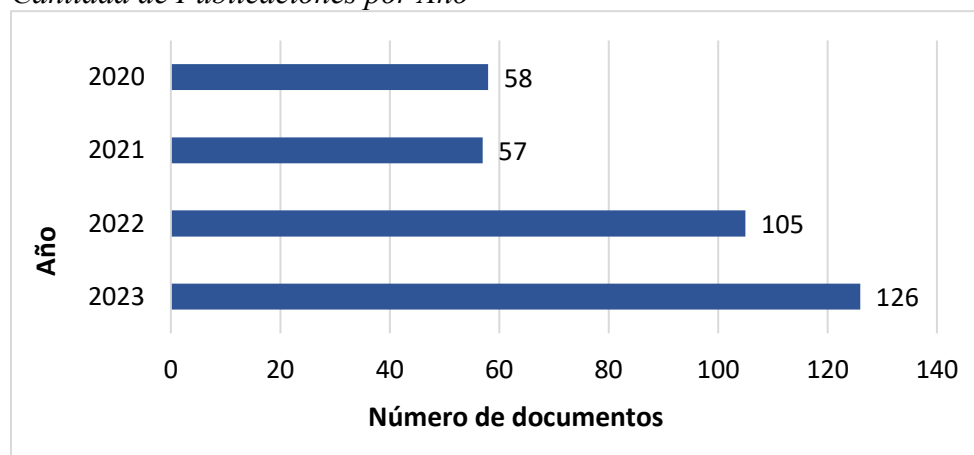
Resultados del Analizador de Scopus

Documentos por Año

El número de publicaciones durante el año 2020 y 2021 se mantiene casi constante ya que solo se presenta una disminución de un artículo; pero entre 2021 y 2022, se observó un crecimiento notable del 84.21% al pasar de 57 a 105, este aumento significativo podría deberse a una reactivación de la investigación en tecnologías educativas y la implementación de herramientas digitales en la enseñanza como respuesta a los desafíos del aprendizaje a distancia y virtual, impulsando el interés en su investigación y aplicación en entornos académicos.

Figura 7

Cantidad de Publicaciones por Año



Nota. Representación grafica del numero de documentos publicados por año

La tendencia ascendente se mantiene de 2022 a 2023, con un aumento del 20% en el número de publicaciones, incrementando a un total de 126 documentos en el año 2023, generando un fortalecimiento continuo en la investigación e implementación de la RA en la educación, esto puede estar relacionado con el interés renovado en integrar estas tecnologías para mejorar la eficacia del aprendizaje, nuevas modalidades de educación, así como con un aumento en la disponibilidad de fondos para la investigación y el desarrollo de aplicaciones educativas avanzadas.

Se identifica una tendencia clara hacia la expansión del interés en la RA en el ámbito educativo, los datos indican una creciente producción literaria y desarrollo de la tecnología como un recurso valioso en entornos educativos, el incremento de las publicaciones en los últimos 2 años (2022-2023) respalda la relevancia de esta temática destacando cómo esta tecnología ha evolucionado para generar un enfoque clave que optimiza los métodos de enseñanza y responde a las transformaciones propias de la educación digital.

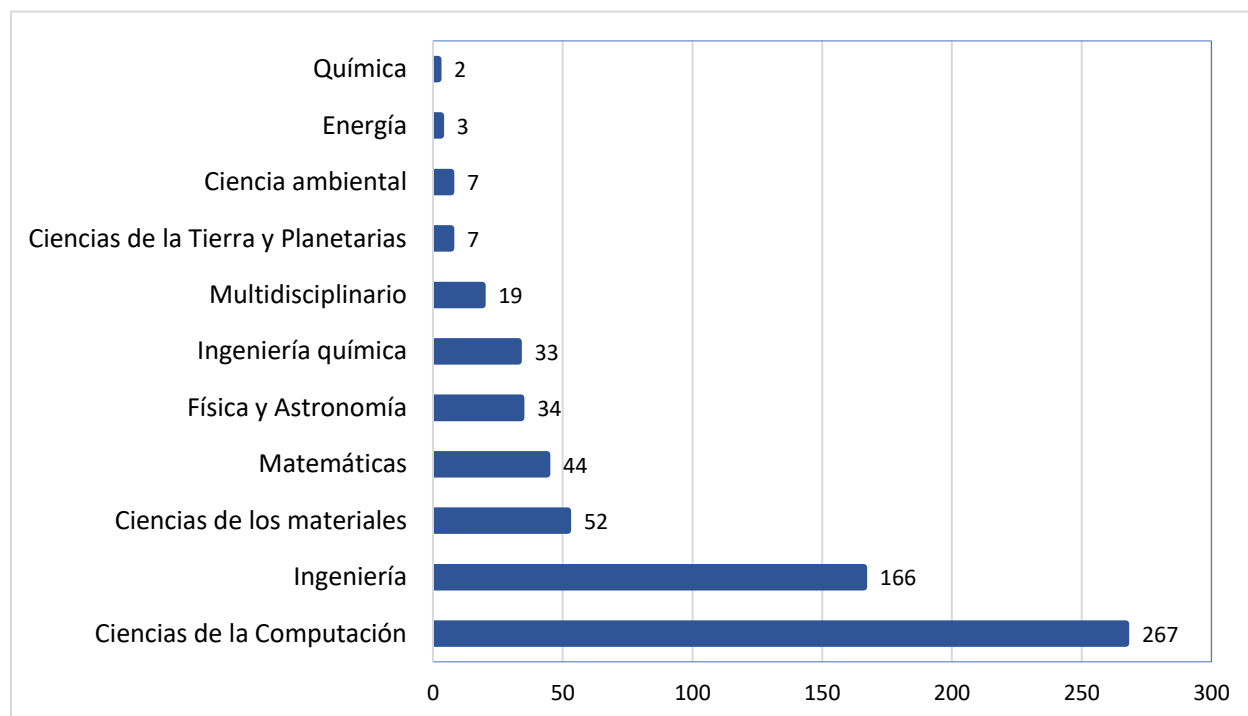
Documentos por Área de Estudio

La Figura 8. muestra el total de documentos distribuidos en diversas áreas de estudio, cabe aclarar que un documento puede estar en dos o más áreas. Las Ciencias de la Computación representan el 42.5% del total, lo que las posiciona como el campo dominante; asimismo, la Ingeniería ocupa el segundo lugar con el 26.4% de las publicaciones, así pues, con estas cifras se puede identificar una tendencia marcada hacia la investigación tecnológica, lo que es coherente con la naturaleza tecnológica de la RA y su integración en la educación, lo cual es notable con una clara concentración en las disciplinas tecnológicas (Ciencias de la Computación e Ingeniería), que comparadas con otras áreas puramente científicas, como Física y Astronomía (34 documentos), Matemáticas (44 documentos), o Ciencias de los Materiales (52 documentos), se

observa una diferencia significativa en la cantidad de investigación, lo que podría sugerir que, aunque la RA se está expandiendo hacia otras disciplinas, sigue siendo más utilizada en campos donde las aplicaciones tecnológicas son directas y fácilmente implementables.

Figura 8

Documentos Publicados por Áreas de Estudio



Nota. Número de documentos publicados por área de estudio

Áreas como Química, Energía y Ciencia Ambiental muestran un escaso número de publicaciones, con 2, 3 y 7 documentos respectivamente, representando menos del 2% del total de los artículos tomados para esta investigación esto indica que la RA no ha sido ampliamente explorada o aplicada en estas disciplinas, lo cual podría ser una oportunidad para futuros estudios que busquen innovar en estos campos mediante el uso de este tipo de tecnologías emergentes.

Aunque la influencia de la RA en la educación es un campo relativamente reciente, se puede inferir una tendencia de crecimiento en la investigación, especialmente en áreas

multidisciplinares y tecnológicas, los 19 documentos en la categoría "Multidisciplinario" indica un interés creciente por integrar la RA en enfoques educativos combinados pero también puede interpretarse como un desafío para diversificar la investigación y explorar nuevas aplicaciones educativas en disciplinas menos tecnológicas.

La distribución de artículos publicados por áreas de estudio sugiere una fuerte inclinación hacia la tecnología, con áreas como Ciencias de la Computación e Ingeniería liderando la investigación en la RA aplicada a la educación. Sin embargo, se observa una oportunidad significativa para expandir el uso de esta tecnología en campos menos representados, lo que podría contribuir a una adopción más amplia y diversa de la RA como recurso educativo.

Publicaciones por País

En la Tabla 2 se presenta la distribución de documentos científicos según el país de origen, lo que permite identificar las principales naciones involucradas en la producción académica relacionada con el tema de estudio. China encabeza la lista con un 10,49 % de los documentos, seguida por España con un 9,38 %. Otros países relevantes incluyen a Malasia, Estados Unidos e Indonesia, con un porcentaje de documentos que varía entre el 6,92 % y el 7,81 %. Asimismo, se observa la participación de naciones de Europa y Asia, como Alemania, Italia, India y Brasil, con una representación significativa de alrededor del 1,79 %. Este panorama nos muestra la distribución geográfica de la investigación en este campo, destacando la contribución de diversos países en el avance del conocimiento sobre la temática de la monografía.

Al analizar la distribución por continentes, se puede observar una notable preponderancia de países de Asia y Europa, con China y España liderando la producción científica. En comparación, América presenta una participación más moderada, destacando países como Estados Unidos, México y Ecuador. Esto sugiere una mayor concentración de la investigación en

Europa y Asia, mientras que América, si bien activa, tiene una representación algo más reducida en este contexto.

Tabla 2

Publicaciones por País

| País | Documentos | Porcentaje |
|-----------------|------------|------------|
| China | 47 | 10,49% |
| España | 42 | 9,38% |
| Malasia | 35 | 7,81% |
| Estados Unidos | 33 | 7,37% |
| Indonesia | 31 | 6,92% |
| Alemania | 17 | 3,79% |
| Corea del Sur | 14 | 3,13% |
| India | 11 | 2,46% |
| Italia | 9 | 2,01% |
| México | 8 | 1,79% |
| Ecuador | 8 | 1,79% |
| Egipto | 8 | 1,79% |
| Australia | 8 | 1,79% |
| Grecia | 8 | 1,79% |
| Brasil | 8 | 1,79% |
| Arabia Saudita | 8 | 1,79% |
| Japón | 7 | 1,56% |
| Tailandia | 7 | 1,56% |
| Federación Rusa | 7 | 1,56% |

Nota. Publicación de documentos por país organizado de menos a mayor

Publicaciones por Afiliaciones a Universidades

En la Tabla 3 se presenta la distribución de publicaciones científicas según la afiliación a diferentes universidades, lo que permite identificar que Asia y Europa concentran la mayor parte de las universidades destacadas en la producción científica. En particular, Asia tiene una presencia significativa con instituciones como la Universidad Tecnológica MARA, la Universidad Negeri Padang y la Universidad Pendidikan Indonesia, que contribuyen con un número considerable de publicaciones. Europa, por su parte, también tiene una fuerte representación, con universidades como la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad de Granada y la Universidad del País Vasco. En comparación, América, con instituciones como el Tecnológico de Monterrey y la Facultad de Ingeniería de Virginia Tech, tiene una participación más moderada, pero igualmente relevante. Así, Asia y Europa dominan en términos de concentración de universidades en este análisis.

Tabla 3*Distribución de Publicaciones Científicas Según la Afiliación a Universidades*

| Universidad | Publicaciones |
|---|---------------|
| Universidad Tecnológica MARA | 6 |
| Universidad Politécnica de Madrid | 5 |
| Tecnológico de Monterrey | 5 |
| Universidad Negeri Padang | 5 |
| Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia | 4 |
| Universidad de Granada | 4 |
| Universidad Pendidikan Indonesia | 4 |
| Universitat Politècnica de València | 4 |
| Universidad Technická contra Košiciach | 4 |
| Universidad Negeri de Yakarta | 4 |
| Oulun Yliopisto | 4 |
| Universidad del País Vasco | 4 |
| Universidad de Salamanca | 4 |
| Universidad Kebangsaan Malasia | 4 |
| Universidad Nacional Tenaga | 3 |
| Universidad de Yeddah | 3 |
| Universidad Nacional de Yogyakarta | 3 |
| Universidad Aristóteles de Tesalónica | 3 |
| Facultad de Ingeniería de Virginia Tech | 3 |
| Universidad Putra Malasi | 3 |

Nota. Número de publicaciones por afiliación a universidades

Mapas Científicos en SciMAT

Creación de Mapas Científicos

Para llevar a cabo el análisis bibliométrico de la RA como recurso educativo, se seleccionaron 346 artículos de la base de datos Scopus; estos documentos fueron previamente filtrados utilizando criterios específicos que garantizaron su relevancia para los objetivos del estudio, los archivos se descargaron en formato RIS, un estándar ampliamente utilizado para intercambiar datos bibliográficos, y posteriormente son cargados en la herramienta SciMAT, para procesar la información y realizar análisis de tendencias, redes de colaboración y co-ocurrencia de términos, lo que resulta clave para visualizar las dinámicas de investigación en este campo.

Después de cargar los documentos en formato RIS, el siguiente paso para crear la base de conocimiento es llevar a cabo el preprocesamiento de datos, el cual incluye una revisión exhaustiva de las entidades principales para corregir posibles errores, como autores duplicados que aparecen con variaciones en la escritura de sus nombres, referencias redundantes o palabras clave similares escritas de manera diferente; la depuración de estas entidades es esencial para garantizar la calidad y precisión del análisis, ya que cualquier error podría afectar la interpretación de los resultados.

Este análisis se centra en las palabras clave de las publicaciones, consideradas las unidades de análisis esenciales en los resultados del estudio; para ello en el módulo de grupo de palabras, se realiza un agrupamiento que integra palabras o temas con significados similares o vinculados entre sí, los términos más destacados se identifican por la cantidad de documentos asociados. En la figura 9 se observan los grupos más representativos, clasificados por su volumen de documentos asociados y el número de ítems que los conforman, por ejemplo, el grupo "E-LEARNING" lidera con 148 documentos y 56 ítems, seguido por "AUGMENTED

REALITY ", que cuenta con 96 documentos y 17 ítems, como respuesta al impacto en el ámbito investigado, este agrupamiento también incluye otros temas relevantes, como "VIRTUAL REALITY" y "STUDENTS", que agrupan conceptos clave en el campo de estudio.

Figura 9

Distribución de Palabras Claves por Documentos

| Word groups | | | | |
|----------------------------|-----------|-------|-----|----------|
| Group name | Documents | Items | ID | Stop ... |
| E-LEARNING | 148 | 56 | 138 | false |
| AUGMENTED-REALITY | 96 | 17 | 137 | false |
| EDUCATION | 92 | 18 | 140 | false |
| VIRTUAL-REALITY | 79 | 21 | 141 | false |
| STUDENTS | 60 | 14 | 11 | false |
| HUMAN-COMPUTER-INTERACTION | 50 | 27 | 142 | false |
| MOBILE-TECHNOLOGY | 35 | 30 | 144 | false |
| TEACHING | 33 | 18 | 145 | false |
| 3D-VISUALIZATION | 22 | 14 | 98 | false |
| METVERSE | 22 | 6 | 1 | false |
| CURRICULA | 16 | 1 | 148 | false |
| LEARNING-TOOL | 13 | 5 | 35 | false |
| VISUALIZATION | 13 | 5 | 54 | false |
| TEACHERS' | 13 | 2 | 13 | false |
| INTERNET-OF-THINGS | 11 | 7 | 16 | false |
| ARTIFICIAL-INTELLIGENCE | 11 | 1 | 146 | false |
| MIXED-REALITY | 10 | 1 | 147 | false |
| LABORATORIES | 9 | 10 | 149 | false |
| DIGITAL-TWIN | 6 | 2 | 14 | false |
| LEARNING-OUTCOME | 6 | 2 | 39 | false |
| PERCEPTION | 5 | 3 | 2 | false |
| SMARTPHONES | 5 | 3 | 36 | false |
| LEARNING-EXPERIENCES | 5 | 2 | 12 | false |
| INSTRUCTIONAL-DESIGNS | 5 | 2 | 43 | false |
| INDUSTRY-4.0 | 5 | 2 | 67 | false |
| CONTROL-SYSTEM | 4 | 3 | 66 | false |
| BLOCKCHAIN | 4 | 2 | 37 | false |

Nota. Grupos clasificados por documentos asociados y el número de ítems que los conforman.

La figura 10 permite visualizar algunos de los ítems que fueron asociados al grupo "AUGMENTED-REALITY", donde se incluyen términos directamente relacionados con la RA, este método de agrupamiento se replica para los demás conjuntos de palabras, definiendo temas específicos mediante la inclusión de términos afines; como resultado, se crean 125 grupos de palabras más influyentes y recurrentes en los artículos de la base de conocimiento.

Figura 10*Ítems de Grupo de Palabras AUGMENTED-REALITY*

| Words of the group | | |
|--------------------|---------------------------------|-----------|
| ID | Name | Documents |
| 13 | AUGMENTED-REALITY | 88 |
| 313 | AUGMENTED-REALITY-APPLICATIONS | 5 |
| 137 | AUGMENTED-REALITY-TECHNOLOGY | 4 |
| 215 | MOBILE-AUGMENTED-REALITY | 4 |
| 1 | AUGMENTED-REALITY-(AR) | 3 |
| 213 | AUGMENTED-REALITY-SYSTEMS | 3 |
| 384 | AUGMENTED-AND-VIRTUAL-REALITIES | 2 |
| 42 | AUGMENTED-MIXED-REALITY | 1 |
| 43 | AUGMENTED/VIRTUAL-REALITY | 1 |
| 109 | AUGMENTED-REALITY-EDUCATION | 1 |

Nota. Ítems que ítems relación directa con AUGMENTED-REALITY.

Posteriormente se configuran los periodos de tiempo en el modo para el análisis, en este caso, se analiza el intervalo comprendido entre 2020 y 2023, realizando un análisis detallado por cada año, al igual que en el estudio previo de la base de datos Scopus, este análisis muestra la cantidad de documentos publicados anualmente, lo que proporciona una perspectiva clara sobre la evolución y el volumen de publicaciones en el área de interés durante el periodo seleccionado. Una vez los documentos se segmentan por año, se procede a configurar y generar los mapas científicos, en esta etapa, el asistente de análisis ofrece diversas opciones para ajustar los parámetros necesarios y estructurar estas representaciones visuales.

El proceso continua seleccionando los periodos de tiempo a analizar, los cuales coinciden con los establecidos previamente, en este caso, se incluyen cuatro años consecutivos, lo que permite observar las tendencias y patrones en la investigación a lo largo del tiempo, una vez definidos los periodos, se configura la unidad de análisis que es el parámetro más relevante del estudio; ya que constituye la base sobre la cual se procesarán los datos, para este análisis, se eligen las "palabras clave" como unidad de análisis, ya que representan los conceptos esenciales

en cada publicación, estas palabras clave fueron agrupadas previamente en conjuntos que reflejan su relación conceptual, facilitando la interpretación de los resultados.

A continuación, se establece el filtro de ocurrencias mínimas, fijándose en este caso un valor debido al tamaño reducido de los grupos de palabras claves asegurando que incluso los términos menos frecuentes sean considerados, evitando perder información potencialmente relevante. Luego, se selecciona el tipo de red bibliométrica, optando por la red de co-ocurrencia, que identifica términos que aparecen conjuntamente en uno o varios documentos. Este enfoque es crucial para detectar relaciones temáticas y patrones colaborativos entre conceptos.

Posteriormente, se configuran los umbrales mínimos para la reducción de la red, estableciéndose un valor de 1; lo que permite incluir todas las conexiones significativas, para normalizar las redes de palabras, se emplea el índice de similitud, que garantiza una representación proporcional de las relaciones entre términos. En cuanto al algoritmo de agrupamiento, se utiliza el de centros simples, una técnica que define clústeres o subredes alrededor de un nodo central y se establece un límite de 4 a 10 términos por nodo, lo que asegura que cada grupo tenga un tamaño manejable y coherente.

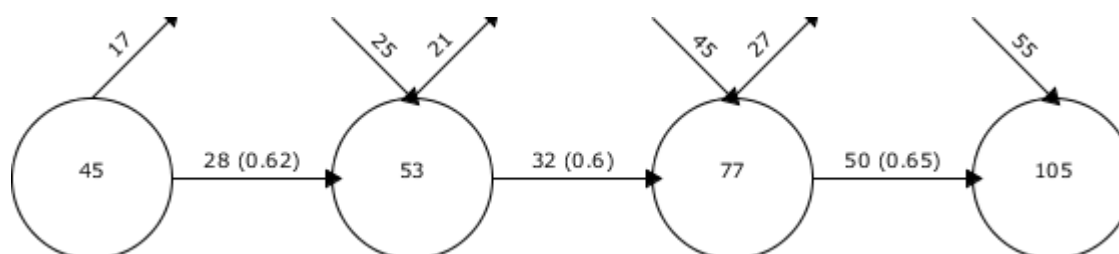
Finalmente, se seleccionan los indicadores bibliométricos para evaluar la calidad e impacto de las publicaciones, se utiliza la suma de citas por documento como medida de calidad y el índice h como indicador de rendimiento; estos valores se calculan tanto para los documentos principales como para los secundarios, proporcionando una visión integral del impacto científico. Además, estos indicadores no solo permiten analizar la influencia de los documentos en su conjunto, sino también comparar el desempeño de las distintas subredes temáticas generadas durante el análisis, esto enriquece la interpretación de los resultados y permite identificar áreas clave de investigación dentro del campo estudiado.

Análisis de Mapas Científicos

El análisis que se realizó siguiendo los pasos anteriores para los 4 periodos analizados indican patrones evolutivos como se muestra en la figura 11. En el primer período 2020 se identifican un total 45 términos, de los cuales solo 28 permanecen en el siguiente periodo, esto implica la desaparición de 17 términos, reflejando un posible cambio en el enfoque investigativo o la obsolescencia de ciertos temas, no obstante, para el año 2021 surgen 25 nuevos términos, lo que confirma una transición en las líneas de investigación y la integración de conceptos, de esta manera el segundo período acumula un total de 53 términos, mostrando un ligero crecimiento respecto al anterior.

Figura 11

Mapa de Evolución Grupos de Palabras Claves Sobre la RA



Nota. Numero de términos que se integran y desaparecen por año.

Al pasar al tercer período 2022, se observa un incremento más significativo en la cantidad de términos, de los 53 registrados anteriormente 32 continúan vigentes, mientras que 21 desaparecen, lo que sugiere una mayor estabilidad en los temas de investigación en comparación con la transición previa. Sin embargo, el aspecto más relevante de esta fase es la incorporación de 45 nuevos términos, lo que eleva el total a 77, esto deja ver un interés creciente en la temática y la aparición de nuevas líneas de exploración sobre la RA y la educación.

En el cuarto período 2023 se alcanza la mayor expansión en la cantidad de términos, de los 77 del período anterior 50 siguen presentes y 27 dejan de emplearse, pero también se introducen 55 términos nuevos, llevando el total a 105 términos para este periodo. Este crecimiento significativo representa una diversificación y profundización en la investigación, con la inclusión de conceptos innovadores que amplían el panorama del estudio.

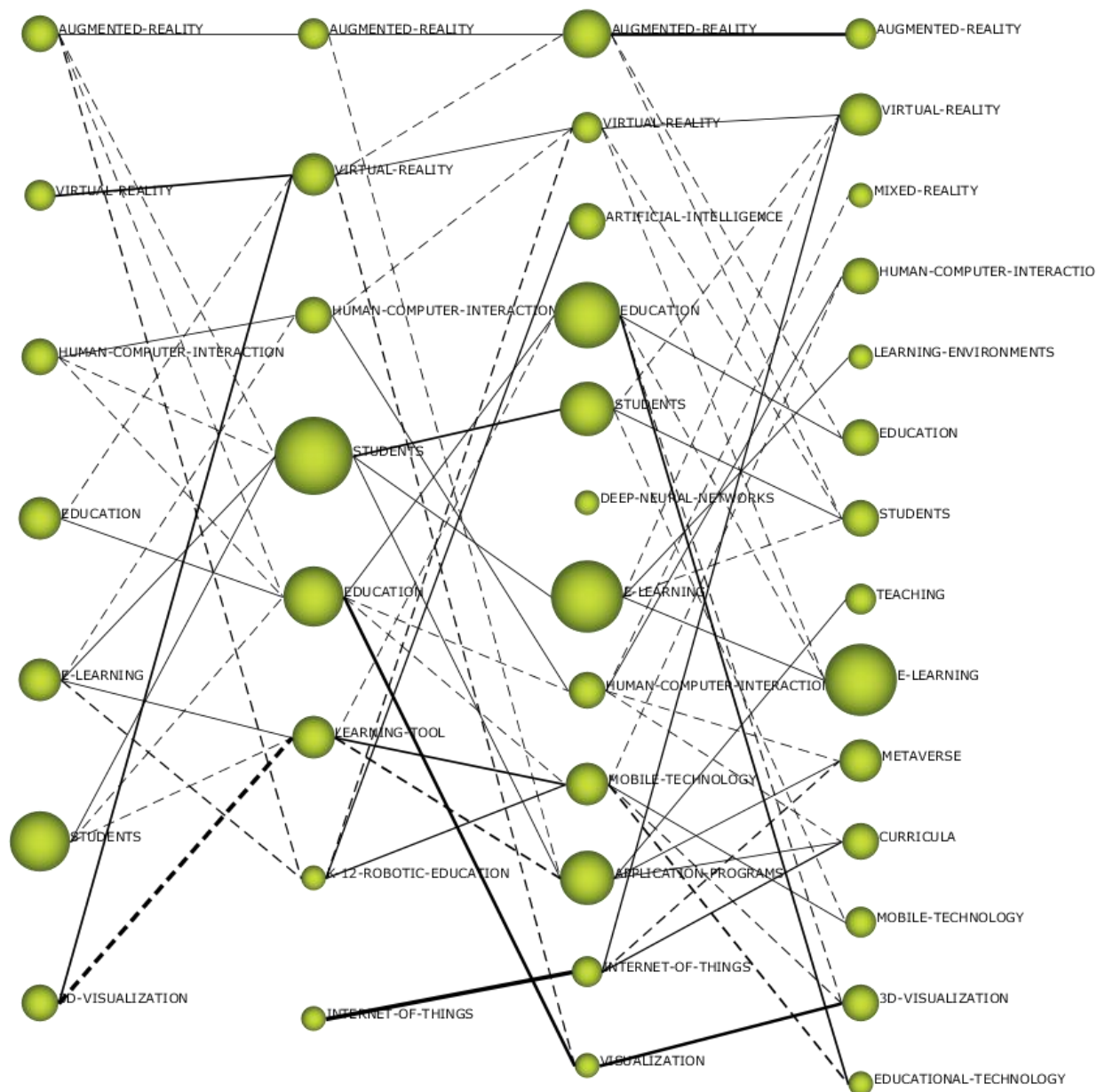
El mapa de superposición describe una evolución constante en la investigación, con un incremento progresivo en el número de términos, aunque algunos desaparecen en cada transición, la aparición de nuevos conceptos es siempre superior lo que indica que el campo de estudio se encuentra en una fase de expansión y consolidación, de igual manera la permanencia de los términos compartidos permite inferir que ciertos términos fundamentales y pilares de la investigación se mantienen a lo largo del tiempo, mientras que otros evolucionan o son reemplazados por ideas más actuales.

Mapa de Evolución

Este mapa permite identificar las tendencias, interrelaciones y crecimiento de las áreas de estudio a lo largo del tiempo, para este caso se analiza teniendo en cuenta el índice H (h-index) que se emplea para visualizar la calidad e impacto de cada nodo en la red donde su tamaño es proporcional a su influencia en la literatura científica, de acuerdo con la figura 12 se puede evidenciar la evolución de los principales conceptos de esta investigación.

Figura 12

Mapa de Evolución de Términos Clave Basados en el Formato h-index



Nota. Evolución del tema según periodos de investigación.

Desde el primer período analizado, se identifican los términos más relevantes como "AUGMENTED-REALITY", "STUDENTS", "E-LEARNING", "VIRTUAL-REALITY",

"EDUCATION", y "HUMAN-COMPUTER-INTERACTION" y emergen como los pilares fundamentales de la investigación, además estos conceptos están fuertemente interconectados mostrando que la RA no se estudia o investiga de forma aislada, sino en conjunto con otras tecnologías como la realidad virtual y el aprendizaje electrónico; la presencia de "HUMAN-COMPUTER-INTERACTION" establece un vínculo directo entre la experiencia del usuario y la interacción con los sistemas digitales, lo que resulta fundamental para la adopción de la RA en entornos educativos.

A medida que la investigación avanza, se puede observar la introducción de nuevas áreas temáticas como "INTERNET-OF-THINGS", "K-12-ROBOTIC-EDUCATION" y "LEARNING -TOOL"; la inclusión del Internet de las Cosas en la educación indica un interés en la interconectividad y la recopilación de datos en tiempo real para mejorar la experiencia de aprendizaje, por otro lado, la aplicación de robótica junto con la RA se centran en disciplinas como Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, lo que enfatiza el impacto de estas tecnologías como herramientas y estrategias ligadas al aprendizaje electrónico.

En los períodos más recientes como 2022 y 2023, la red bibliométrica muestra la consolidación de temas como "METAVERSE", "TEACHING", "STUDENTS", "LEARNING - ENVIRONMENTS". y "VISUALIZATION"; la aparición del "METAVERSE" como un nodo relevante indica un giro en la investigación hacia entornos de aprendizaje inmersivos y espacios digitales interactivos, creando una relación directa entre la RA, la realidad virtual y la educación en entornos completamente digitalizados. Los términos "TEACHING" y "STUDENTS" nos dan una visión más centrada en la pedagogía y el impacto directo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, destacando la necesidad de adaptar nuevas tecnologías a los modelos educativos tradicionales.

Las líneas de conexión entre "AUGMENTED-REALITY", "EDUCATION" y "STUDENTS", nos indica la consolidación del uso de esta tecnología en entornos académicos. Además, "EDUCATION" está vinculado con "TEACHING" y "LEARNING", formando un nodo central en el que la RA no solo es un recurso tecnológico, sino un elemento activo en los procesos de enseñanza y aprendizaje, esta interconexión indica que la RA ha pasado de ser una innovación tecnológica a convertirse en una herramienta pedagógica; las líneas sólidas son consolidaciones temáticas clave, mientras que las líneas punteadas permiten identificar nuevas direcciones de investigación en desarrollo, es decir, que el campo de estudio continuará expandiéndose, integrando tecnologías emergentes como metaverso, inteligencia artificial, visualización 3D, el aprendizaje electrónico y tecnologías móviles y educativas.

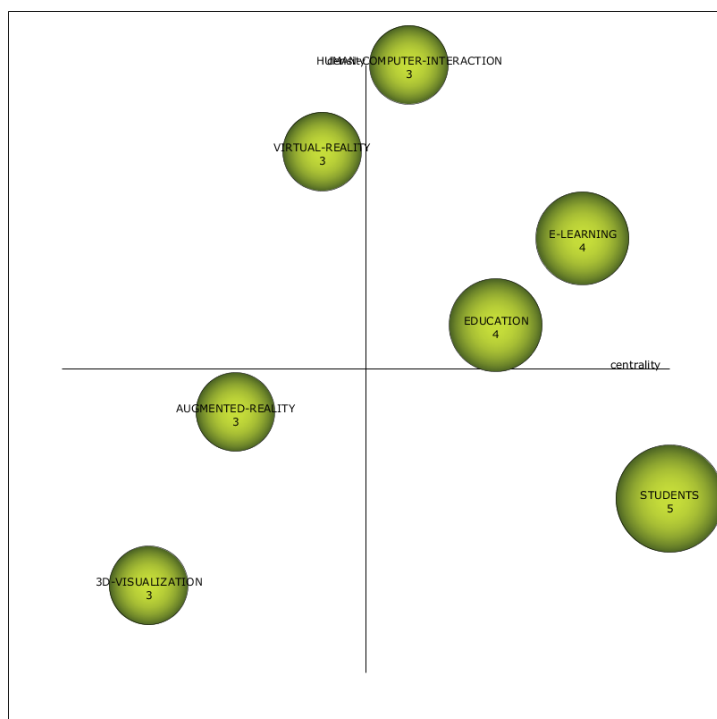
Análisis de Diagramas Estratégicos

Diagrama Estratégico Periodo 2020

Para el periodo 2020 se analiza el diagrama estratégico basado en el índice H que permite evaluar la centralidad y densidad de los términos clave en la investigación sobre la RA en educación, reflejando qué conceptos han sido más estudiados y cuáles están en proceso de fortalecimiento, en este sentido en la figura 13 se observa la distribución de los términos clave de este periodo, los términos "EDUCATION", "HUMAN-COMPUTER-INTERACTION" y "E-LEARNING", se encuentran ubicados en el cuadrante de temas motores, catalogándose como temas fundamentales de la red de investigación, el término "STUDENTS" presenta el mayor índice H (5), lo que lo posiciona como un tema básico y transversal en el ámbito educativo, ya que los estudiantes son el principal objeto de estudio, generando un impacto relevante en los procesos de formación y enseñanza, es por eso que es un tema en constante investigación.

Figura 13

Diagrama Estratégico Basado en el Índice H para el Año 2020



Nota. Distribución de densidad y centralidad basado en el h-index del año 2020.

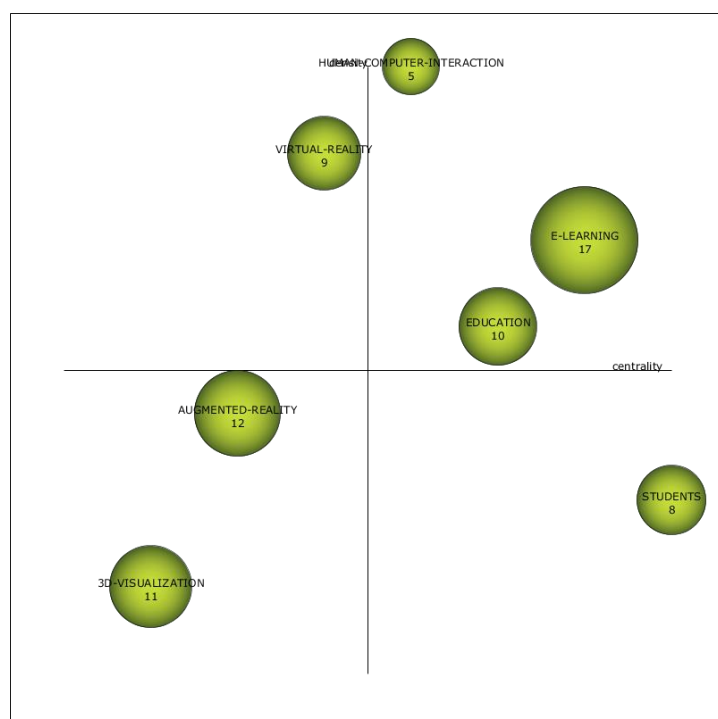
Por otro lado, "VIRTUAL-REALITY" con un índice H de 3 se ubica como un tema desarrollado, con gran alcance y densidad; ya que está estrechamente relacionada con la RA, incluso durante este periodo se puede observar más fuerte y desarrollada al ser una tecnología que tiene un poco más de trayectoria en el ámbito educativo, la presencia de "AUGMENTED-REALITY", con un índice H de 3, y ubicada en el cuadrante de temas emergentes demuestra que, aunque la RA es el foco del análisis en esta investigación, su consolidación en la educación sigue en desarrollo.

En cuanto al número de documentos principales en la figura 14 se logra visualizar que el término "STUDENTS" proyecta más influencia e importancia en la investigación con mayor cantidad de documentos asociados, seguido por "EDUCATION" y "E-LEARNING", reflejan la

importancia en el estudio e incorporación de metodologías innovadoras en los procesos educativos, conceptos como "HUMAN-COMPUTER-INTERACTION", "AUGMENTED-REALITY " y "VISUALIZATION" resaltan el interés de la comunidad científica en mejorar la interacción usuario-sistema y la representación visual de la información, finalmente "VIRTUAL-REALITY" aunque aparece con menor frecuencia sigue siendo un tema relevante dentro de la investigación

Figura 14

Diagrama Estratégico Basado en el Número de Documentos para el Año 2020.



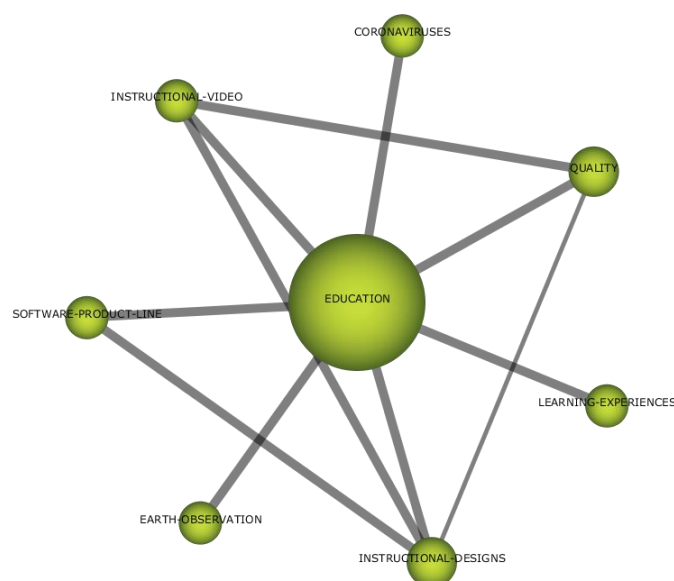
Nota. Distribución y estado de los temas según el número de documentos del año 2020.

En la figura 15 puede observar una red clúster de uno de los términos más central y destacado como es "EDUCATION"; es un concepto dominante y los demás nodos representan enfoques, tendencias o aplicaciones específicas dentro de este campo de estudio, la presencia de clústeres separados sugiere que la educación está siendo analizada desde múltiples dimensiones,

uno de las más relevantes es "QUALITY", lo que indica que un número considerable de estudios han abordado la calidad en la educación, un tema clave en las políticas educativas y en la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje, la relación con "EDUCATION" sugiere que la evaluación y mejora de la calidad es un aspecto fundamental en los análisis educativos recientes, el nodo "CORONAVIRUS" destaca la relevancia del impacto de la pandemia en la educación, una crisis global que generó un cambio drástico en los métodos de enseñanza, impulsando la educación virtual y modificando la forma en que estudiantes y docentes interactúan, es por ello que el COVID-19 ha sido un factor determinante en los estudios recientes sobre educación.

Figura 15

Red Clúster del Término EDUCATION



Nota. Temas con los que se relaciona el término "EDUCATION".

Otro concepto clave en la red es "INSTRUCTIONAL-VIDEO", que evidencia la creciente importancia de los recursos audiovisuales en los procesos de enseñanza, convirtiéndose en un recurso fundamental para la educación a distancia y el aprendizaje autodirigido, así mismo, "INSTITUTIONAL-DESIGNS" sugiere que los estudios han abordado la estructura y

organización de las instituciones educativas, posiblemente en términos de planificación académica, modelos de enseñanza y adaptación a nuevas metodologías, este aspecto es crucial en el contexto de cambios educativos impulsados por la tecnología y la globalización.

El término "SOFTWARE-PRODUCT-LINE" está encaminado a las metodologías de desarrollo de software en la educación, lo que puede estar vinculado a enfoques de enseñanza en ingeniería de software, sistemas de información y desarrollo de tecnologías educativas, la presencia de este término indica que la educación en disciplinas tecnológicas está siendo un área de interés dentro de los estudios analizados

Otro de los temas de gran importancia es la realidad virtual porque constituye la base conceptual y tecnológica de la RA, pues ambas tecnologías comparten principios fundamentales de inmersión y simulación, comprender cómo la realidad virtual ha sido aplicada en educación permite identificar patrones y enfoques que pueden adaptarse en los siguientes periodos de tiempo para potenciar la RA como recurso educativo.

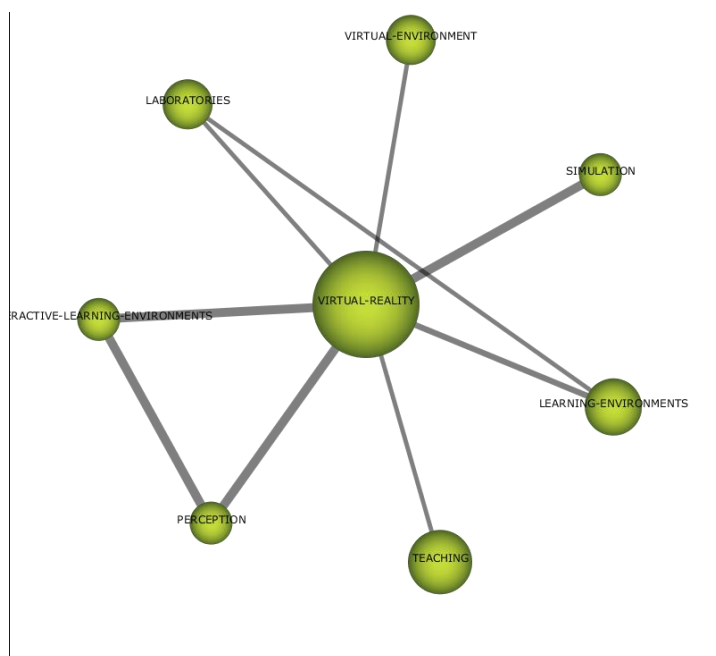
De acuerdo con la figura 16, se puede que el nodo central "VIRTUAL-REALITY" está rodeado por términos clave de impacto en la educación, la presencia de conceptos como "TEACHING", "INTERACTIVE-LEARNING-ENVIRONMENTS" y "LEARNING-ENVIRONMENT" son la base significativa de los estudios centrados en el desarrollo de metodologías y ambientes de aprendizajes basados en entornos virtuales inmersivos.

El interés en la simulación como herramienta de aprendizaje se evidencia en el nodo "SIMULATION", es común en estudios que exploran cómo la RA puede mejorar la adquisición de habilidades prácticas en áreas como la medicina, la ingeniería y las ciencias. De igual manera, el nodo "LABORATORIES" destaca el interés en el uso de la realidad virtual y RA para replicar entornos experimentales controlados, el estudio de este ámbito se ha centrado en cómo los

laboratorios virtuales pueden sustituir o complementar las instalaciones físicas, facilitando el acceso a recursos educativos sin restricciones geográficas, relacionándose así con "VIRTUAL-ENVIRONMENT" que es primordial en la investigación para explorar el desarrollo de entornos completamente digitales que permiten experiencias educativas digitales.

Figura 16

Red de Clúster del Término VIRTUAL-REALITY



Nota. Red de temas con los que se relaciona el término "VIRTUAL-REALITY".

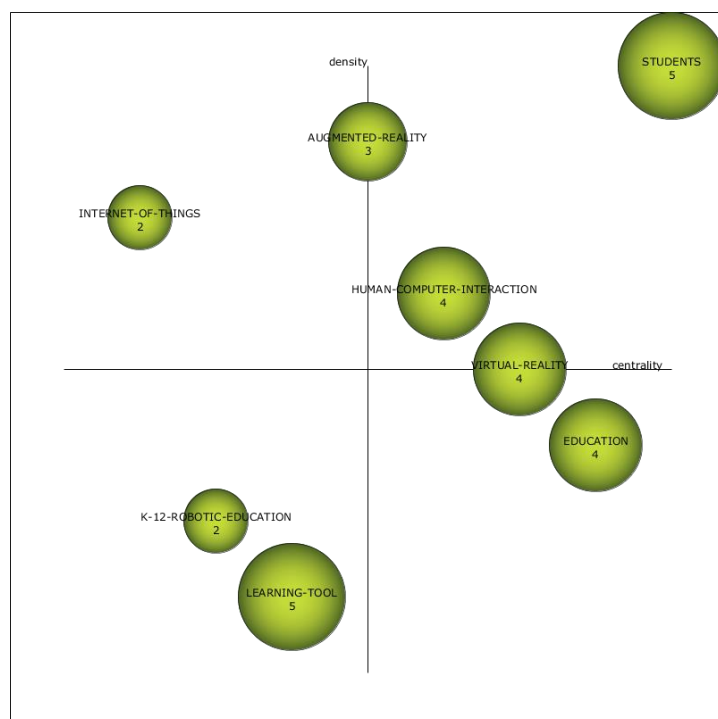
Diagrama Estratégico Periodo 2021

A partir del 2021, la investigación sobre la RA en la educación ha experimentado un cambio significativo, evidenciado por la consolidación de temas clave y la aparición de nuevas tendencias se muestra una creciente relevancia de conceptos como "LEARNING TOOL" y "STUDENTS", ambos con un alto índice H, lo que indica que la comunidad científica ha centrado su atención en el impacto directo de estas tecnologías en el aprendizaje y la experiencia del estudiante. Además, la relación entre "VIRTUAL REALITY", "EDUCATION" y

"COMPUTER INTERACTION" crea una integración más profunda de la RA con entornos digitales interactivos, facilitando métodos de enseñanza más dinámicos y personalizados.

Figura 17

Diagrama Estratégico Basado en el Índice H para el Año 2021



Nota. Distribución de densidad y centralidad de los términos más indexados en el año 2021.

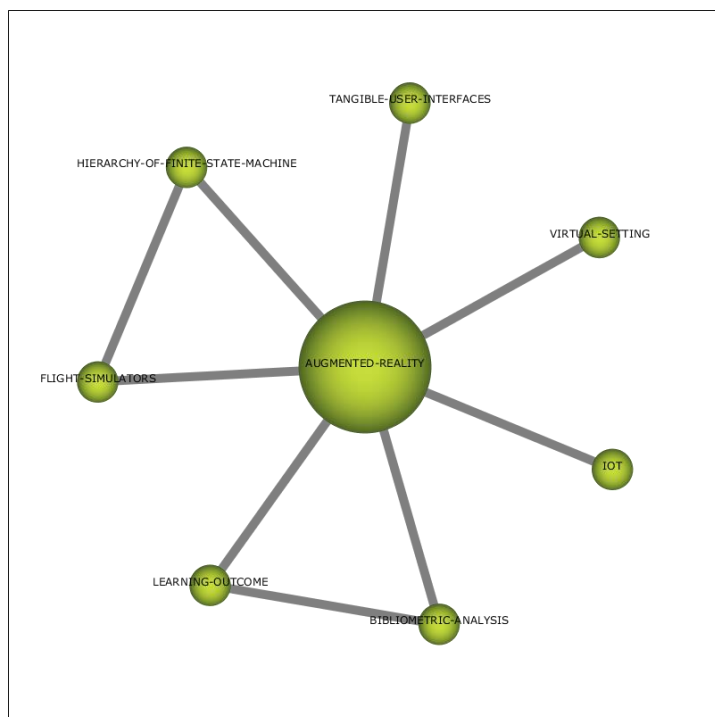
La inclusión de términos como "ROBOTIC- EDUCATION" e "INTERNET OF THINGS" puede definirse como una expansión de las aplicaciones de la RA hacia enfoques interdisciplinarios, que integran tecnologías para mejorar los procesos educativos, generando ecosistemas de aprendizaje más inmersivos y automatizados; en este sentido, el uso de herramientas de aprendizaje basadas en inteligencia artificial y entornos virtuales adaptativos se han convertido en una línea de estudio recurrente, reflejando un interés creciente en la personalización de la enseñanza a través de tecnologías emergentes (Smith et al., 2021).

En comparación con el período anterior, se observa un enfoque más centrado en el usuario y en la aplicabilidad de estas tecnologías en la educación formal, la literatura de este periodo destaca la necesidad de evaluar la efectividad de la RA en distintos niveles educativos, desde la educación básica hasta la educación superior, así como su impacto en la motivación y el desempeño académico de los estudiantes (Johnson & Lee, 2021).

La red de clústeres en torno a "AUGMENTED REALITY" muestra su papel central en la investigación reciente y su interacción con diversas áreas clave, se observa una fuerte conexión con "USER-INTERFACE", nos indica un enfoque en mejorar la interacción del usuario con las aplicaciones de RA, optimizando su usabilidad y accesibilidad. Asimismo, la relación con "VIRTUAL-SETTINGS" y "IOT" sugiere un interés en la integración de estas tecnologías, lo que permite desarrollar entornos educativos más dinámicos e inmersivos; esto indica que la investigación ha explorado cómo la RA puede potenciarse mediante la conectividad con otros dispositivos inteligentes y entornos virtuales.

Figura 18

Red de Clúster del Término AUGMENTED REALITY

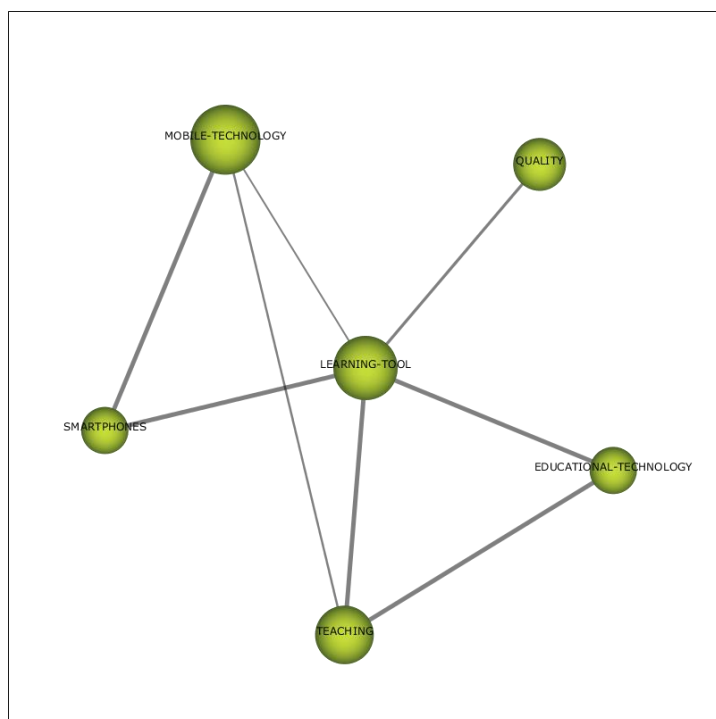


Nota. Red de temas con los que se relaciona el término " AUGMENTED REALITY ".

Otro aspecto relevante es la presencia de "FINITE-SIMULATION", lo que evidencia la aplicación de la RA en la simulación y modelado, especialmente en áreas como la ingeniería y la formación profesional, además, la aparición de "LEARNING-OUTCOMES" destaca la importancia de evaluar los impactos educativos de estas tecnologías, asegurando su efectividad en los procesos de enseñanza y aprendizaje. En general, esta red refleja cómo la investigación en "AUGMENTED REALITY" ha evolucionado hacia enfoques más integrados y multidisciplinarios, priorizando la experiencia del usuario, la interconectividad con otras tecnologías y la validación de sus beneficios educativos.

Figura 19

Red de Clúster del Término LEARNING-TOOLS



Nota. Red de temas con los que se relaciona el término " LEARNING-TOOLS".

En esta red de clústeres, se observa que "LEARNING-TOOLS" ocupa una posición central, lo que indica que la investigación sobre tecnologías educativas ha girado en torno al desarrollo y la aplicación de herramientas de aprendizaje basadas en la tecnología, su relación con "MOBILE-TECHNOLOGY" y "SMARTPHONE" sugiere una tendencia hacia el uso de dispositivos móviles como plataformas clave para el aprendizaje, lo que refuerza la importancia de la educación accesible y flexible.

Por otro lado, la presencia de "TEACHING" y "INSTRUCTIONAL-TECHNOLOGY" destaca el interés en la implementación de estas herramientas en el proceso de enseñanza, lo que implica un enfoque en mejorar las estrategias pedagógicas mediante el uso de la tecnología, se observa también la conexión con "QUALITY" que indica que parte de la investigación ha estado

orientada a evaluar la efectividad y el impacto de estas tecnologías en la educación, asegurando su adecuada integración en los entornos académicos.

Diagrama Estratégico Periodo 2022

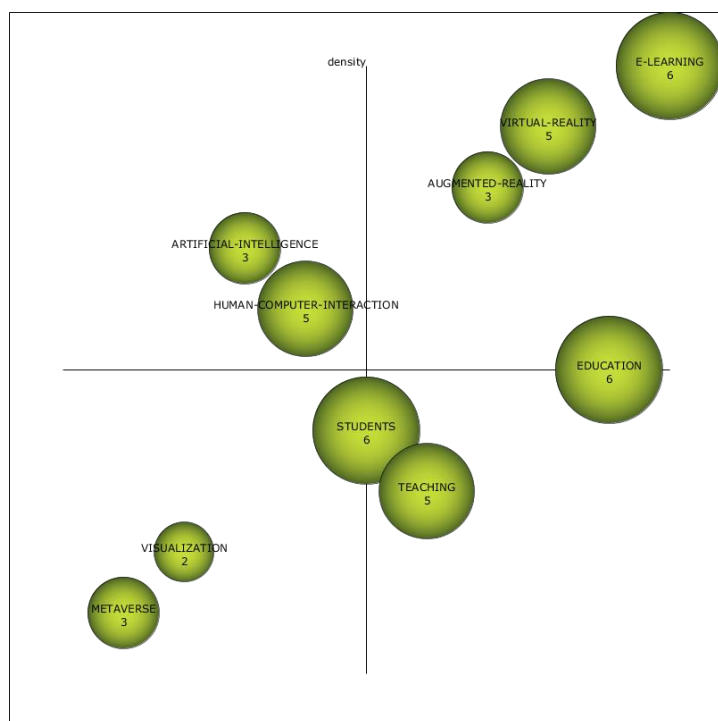
En el diagrama estratégico del 2022 se observa que los términos “E-LEARNING”, “EDUCATION” y “STUDENTS” se ubican en una posición central y con mayor tamaño, reflejando su relevancia y frecuencia en la producción académica del periodo, esto demuestra que la investigación bibliométrica sigue priorizando el aprendizaje en entornos digitales, pero ahora desde una perspectiva más consolidada, en la cual la RA se articula como un recurso pedagógico fundamental dentro de esas dinámicas.

En la figura 20 "AUGMENTED REALITY" aparece muy cerca a “VIRTUAL-REALITY”, mostrando que ambas tecnologías se investigan en conjunto para enriquecer la experiencia educativa, lo que evidencia un interés por integrar distintos niveles de inmersión y su presencia en el cuadrante de mayor densidad revela que ya no se trata de un tema emergente, sino de un área de estudio en desarrollo que gana solidez y aplicaciones concretas en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Alrededor de este núcleo también se destacan conceptos como “HUMAN-COMPUTER-INTERACTION” y “ARTIFICIAL-INTELLIGENCE”, los cuales se relacionan con el diseño de sistemas inteligentes capaces de adaptar los contenidos al perfil del estudiante; Esta interconexión apunta a un cambio en la investigación: de la simple incorporación de RA como apoyo visual, hacia la creación de ecosistemas educativos inteligentes y personalizados.

Figura 20

Diagrama Estratégico Basado en el Índice H para el Año 2022

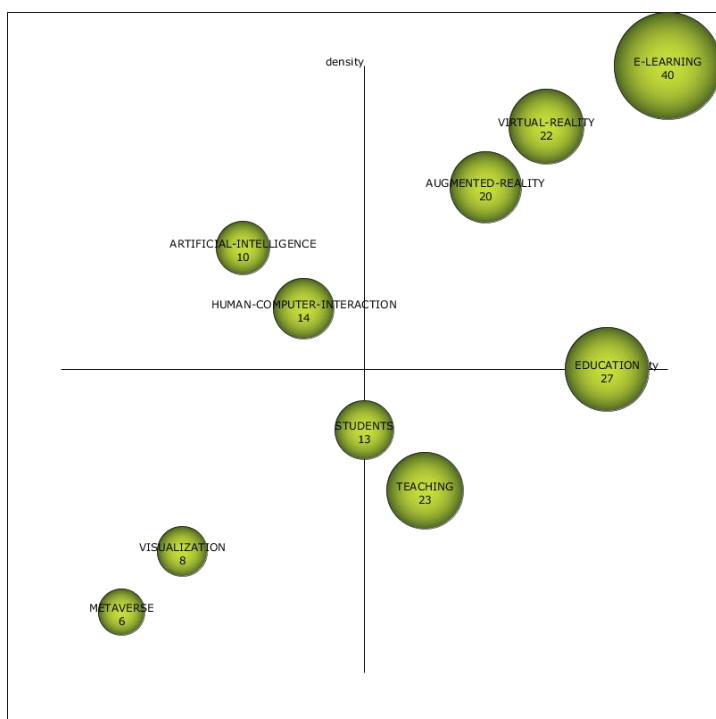


Nota. Distribución de densidad y centralidad de los términos más indexados en el año 2022.

Finalmente, el término “METAVVERSE”, aunque menos central, aparece en el cuadrante de baja densidad y alta centralidad, lo que significa que empieza a configurarse como un tema emergente y de potencial crecimiento, se relaciona con la RA y abre el camino a nuevas posibilidades de interacción en entornos tridimensionales y colaborativos, alineándose con la visión de una educación digital más inmersiva y global, se infiere que el periodo de 2022 marca un punto intermedio: la RA se consolida como recurso educativo dentro del E-LEARNING, mientras que nuevas tendencias como el metaverso proyectan el futuro de la investigación.

Figura 21

Diagrama Estratégico Basado en el core-documentsCount para el Año 2022



Nota. Distribución de densidad y centralidad de los términos según el número de documentos principales en el año 2022.

En cuanto a la producción científica en 2022 como se muestra en la figura 21, el término “E-LEARNING” lideró con 40 documentos, consolidándose como el eje central de la investigación y marco predominante donde se insertan tecnologías emergentes como "AUGMENTED REALITY" con 20 documentos; este crecimiento confirma la expansión de la RA como recurso educativo dentro de entornos digitales. Los conceptos “EDUCATION” (27) y “TEACHING” (23) refuerzan el interés pedagógico, mostrando que la producción científica no solo estudia la tecnología, sino su aplicación directa en la enseñanza y la formación profesional, de forma complementaria, “VIRTUAL-REALITY” (22) junto con la RA constituyen un bloque

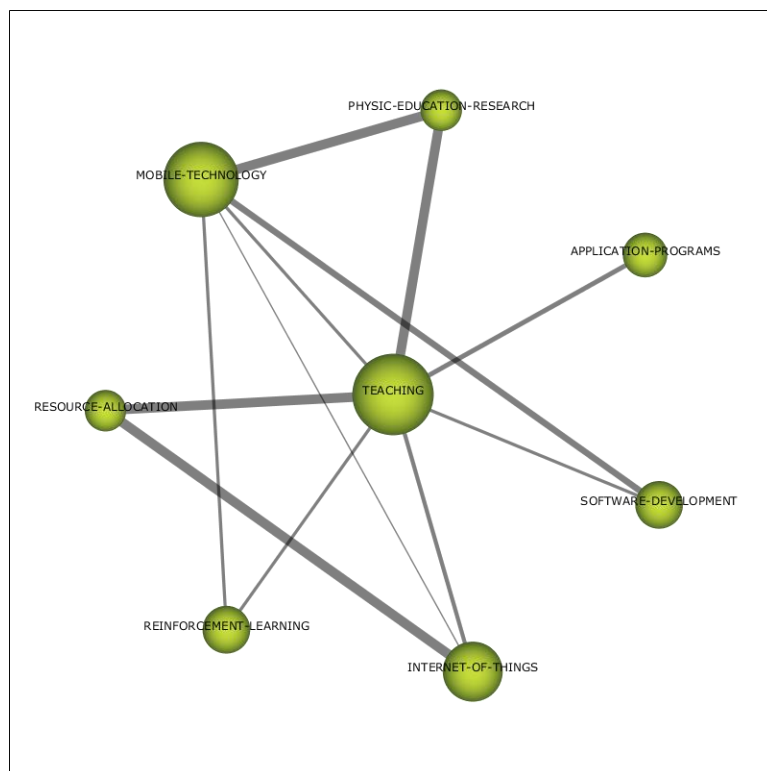
sólido sobre tecnologías inmersivas que favorecen la interactividad y motivación en el aprendizaje.

Finalmente, términos emergentes como “METAVERSE” (6) y “VISUALIZATION” (8), aunque con menor volumen, anticipan nuevas líneas de investigación orientadas a entornos colaborativos y complejos de aprendizaje digital.

El análisis del clúster de “TEACHING” muestra que la investigación en torno a la RA se ha centrado en su aplicación pedagógica, consolidándola como un eje articulador entre tecnología y educación, su posición central en la red refleja que la mayoría de los estudios no se limitan a explorar la herramienta tecnológica, sino a su potencial para transformar los procesos de enseñanza, este comportamiento puede observarse en la figura 22.

Figura 22

Red de Clúster del Término TEACHING



Nota. Red de temas con los que se relaciona el término " TEACHING".

Las conexiones con términos como “MOBILE-TECHNOLOGIES” y “GAME-BASED-LEARNING” evidencian que la investigación ha evolucionado hacia metodologías activas, donde la RA se integra en ambientes digitales accesibles y dinámicos, demostrando un interés en vincular la enseñanza con estrategias innovadoras que promuevan la motivación y la participación estudiantil, así mismo presencia de conceptos como “COMMUNICATION-PROCESSES”, “INTERNET-OF-THINGS” y “E-LEARNING-DEVELOPMENT” muestra que los estudios avanzan hacia un escenario interdisciplinar, y que la RA no solo se estudia como recurso aislado, sino como parte de ecosistemas educativos más amplios, donde la enseñanza se concibe dentro de entornos conectados, colaborativos y en constante adaptación tecnológica.

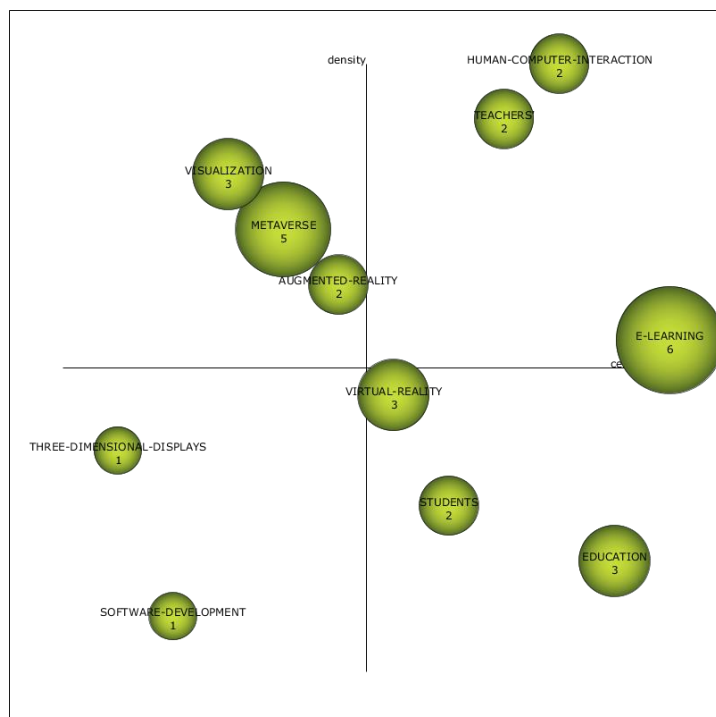
Diagrama Estratégico Periodo 2023

La distribución de los términos de la figura 23 nos muestra que para el año 2023 la investigación sobre la RA como recurso educativo alcanza un punto de consolidación en el que los temas se articulan de manera más clara dentro del marco del E-LEARNING y la educación digital, a diferencia de los primeros años, donde aparecía como una tecnología emergente con enfoques exploratorios, ahora se reconoce como parte de un ecosistema educativo más amplio manteniéndose como un tema desarrollado con densidad y centralidad.

Por otro lado, en el cuadrante de los desarrollados aparecen con fuerza el METAVERSE y VISUALIZATION, que han logrado un nivel de especialización notable y evidencian cómo la investigación se abre hacia nuevas dimensiones, explorando la integración de mundos virtuales y herramientas de representación avanzada que amplían la experiencia educativa. Sin embargo, su ubicación aislada indica que, aunque cuentan con una base sólida de publicaciones, todavía mantienen conexiones limitadas con los temas motores, lo que sugiere un potencial de integración futura hacia los núcleos centrales de la investigación educativa.

Figura 23

Figura 21. Diagrama Estratégico Basado en el Índice H para el Año 2023



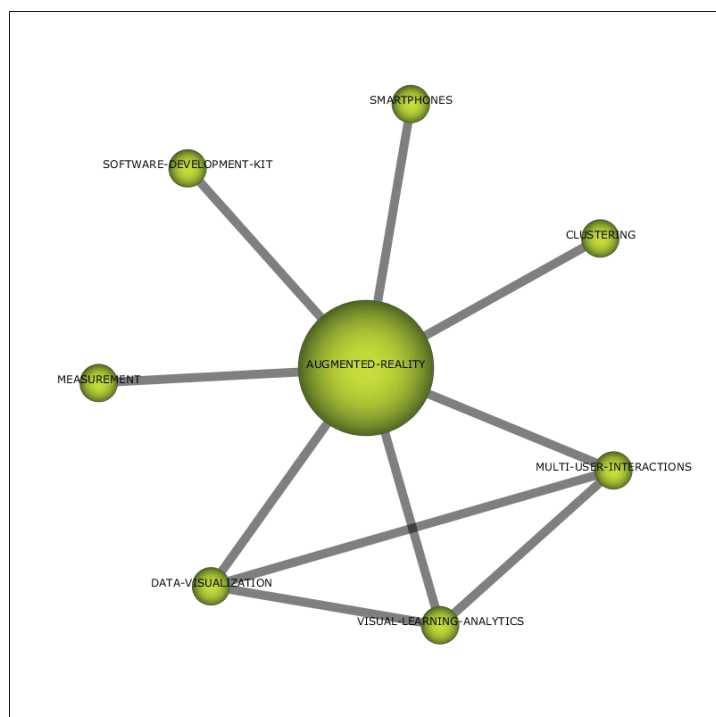
Nota. Distribución de densidad y centralidad de los términos más indexados en el año 2023.

En contraste, como temas emergentes se encuentran THREE-DIMENSIONAL-DISPLAY y SOFTWARE-DEVELOPMENT, estos tópicos reflejan el interés por explorar nuevas formas de interacción y diseño pedagógico, pero aún se encuentran en una fase incipiente o poco consolidada; podrían convertirse en líneas de investigación prometedoras si logran integrarse a las dinámicas principales del campo, o bien tender a desaparecer si no alcanzan un mayor impacto.

Finalmente, los básicos y transversales, representados por HUMAN-COMPUTER-INTERACTION y conceptos relacionados con TEACHERS y STUDENTS, refuerzan la idea de que la aplicación de la RA se entiende dentro de un entramado pedagógico que integra tecnología, actores y metodologías de enseñanza.

En esta red de clúster de la figura 24, AUGMENTED-REALITY como el núcleo de investigación confirma su papel como concepto central en torno al cual giran los demás términos, alrededor se conectan diversos clústeres que representan los enfoques y aplicaciones más investigados, DATA-VISUALIZATION refleja el interés por las representaciones de datos en entornos inmersivos que facilitan la comprensión de contenidos, Asimismo, aparecen términos como SOFTWARE-DEVELOPMENT-KIT y SMARTPHONES, que evidencian la importancia de los dispositivos móviles y las aplicaciones de carácter lúdico como medios principales para la implementación de la RA, esta conexión muestran cómo la investigación se orienta tanto hacia la accesibilidad tecnológica como hacia estrategias motivacionales que potencien el aprendizaje.

La aparición de VISUAL-LEARNING-ANALYTICS indica que la investigación sobre RA ya no se centra únicamente en su desarrollo tecnológico, sino también en evaluar su impacto en el aprendizaje, es decir, los estudios buscan medir de manera más precisa cómo esta herramienta influye en la comprensión y en los resultados académicos. Por otro lado, la presencia de MULTI-USER-INTERACTION refleja un interés creciente por el aprendizaje colaborativo y que la tecnología ya no se limita a experiencias individuales, sino que se está aplicando en entornos donde varios usuarios interactúan de forma conjunta, potenciando dinámicas de trabajo en grupo y aprendizaje compartido.

Figura 24*Red de Clúster del Término AUGMENTED REALITY*

Nota. Red de temas con los que se relaciona el término " AUGMENTED REALITY ".

Por último, MEASUREMENT y CLUSTERING se ubican en la red con un peso menor, sugiriendo áreas más específicas o técnicas que pueden estar asociados a la evaluación de resultados y al manejo de datos en torno al uso de la RA. Esta red revela que AUGMENTED-REALITY actúa como un eje articulador que integra la dimensión tecnológica, aplicada y metodológica, consolidándose como un campo de investigación con múltiples direcciones de desarrollo.

Discusión

La monografía analizó la producción científica sobre la RA en la educación durante el periodo 2020–2023, utilizando la base de datos Scopus y el software SciMAT, con el objetivo de comprender el comportamiento de la RA como recurso pedagógico en los procesos de aprendizaje y formación profesional, los resultados obtenidos permiten interpretar la evolución del campo, su relevancia actual y la dirección de las futuras investigaciones.

Hallazgos

El hallazgo más significativo fue el crecimiento sostenido en la producción científica sobre la RA aplicada a la educación, en el periodo entre 2021 y 2022 registró un incremento notable del 84.21% en las publicaciones (pasando de 57 a 105 documentos), manteniendo una tendencia ascendente en 2023, con 126 documentos, este incremento sistemático respalda la relevancia de la RA, sugiriendo que la tecnología ha trascendido la fase de simple innovación para convertirse en una herramienta estratégica activa, que optimiza los métodos de enseñanza y se alinea con las transformaciones de la educación digital.

La concentración de la investigación en Ciencias de la Computación (42.5%) e Ingeniería (26.4%) es coherente con la naturaleza de la RA, una tecnología que requiere desarrollo de software y optimización de la interacción usuario-sistema ("HUMAN-COMPUTER-INTERACTION"), esto es muy relevante dado que la monografía se enmarca en un proyecto centrado en la arquitectura tecnológica para el despliegue de RA en laboratorios de operaciones y manufactura. Los conceptos pilares "EDUCATION," "E-LEARNING," y "STUDENTS" se mantuvieron como temas motores o transversales durante todo el periodo demostrando que la producción científica ha priorizado el estudio de cómo la RA se inserta dentro del marco pedagógico del aprendizaje electrónico.

El análisis temporal mediante diagramas estratégicos reveló una expansión hacia entornos inmersivos e inteligentes. La aparición y consolidación de "METAVERSE," "ARTIFICIAL-INTELLIGENCE," y "MOBILE-TECHNOLOGY" en los periodos más recientes (2022 y 2023) indica un giro en la investigación, orientándose hacia la creación de ecosistemas educativos avanzados, específicamente, la relevancia del "METAVERSE" sugiere que el futuro de la RA en la educación se proyecta en entornos tridimensionales y colaborativos, aunque su ubicación inicial en los diagramas estratégicos mostraba una especialización notable, pero con conexiones limitadas a los temas motores. Asimismo, la importancia de "MOBILE-TECHNOLOGY" y "SMARTPHONE" como plataformas clave subraya el enfoque en la accesibilidad y la flexibilidad del aprendizaje, elementos cruciales para la educación a distancia.

Este análisis bibliométrico, evidenció una limitación en la diversificación disciplinar, ya que la investigación se concentra fuertemente en áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), dejando disciplinas con escasa producción científica y áreas como Química, Energía y Ciencia Ambiental representan una fracción mínima del total, esta infrarrepresentación sugiere que el potencial de la RA para generar simulaciones experimentales sigue siendo inexplorado en campos no tecnológicos, lo cual es una oportunidad significativa para la innovación educativa.

Sugerencias para Futuras Investigaciones

Se recomienda enfocar los estudios futuros en la aplicación de la RA en las áreas con baja producción literaria, como Química y Ciencias Ambientales, diseñando y evaluando laboratorios virtuales inmersivos que demuestren la efectividad pedagógica de la RA en estas disciplinas.

Investigar a fondo la efectividad y el diseño de la "MULTI-USER-INTERACTION" y la "VISUAL-LEARNING-ANALYTICS" dentro de los entornos del Metaverso, con el fin de determinar su impacto real en los resultados de aprendizaje de los estudiantes

Conclusiones

Se diseñó un protocolo de búsqueda y revisión sistemática que permitió identificar y clasificar de manera rigurosa las fuentes bibliográficas más relevantes en el ámbito de la Realidad Aumentada (RA) aplicada a la educación, de esta manera el procedimiento garantizó la trazabilidad de la información y facilitó la selección de estudios que aportaron a la comprensión del fenómeno investigado.

El análisis bibliométrico se delimitó a un periodo de tiempo específico seleccionando solo los años 2020 a 2023, lo que permitió asegurar la actualidad, validez y confiabilidad de los datos; durante este periodo evidenció un crecimiento sostenido en la producción científica, con un aumento notable entre 2021 y 2022, lo cual confirmó la relevancia y consolidación de la RA como recurso pedagógico en constante expansión dentro de los entornos educativos digitales.

Con la interpretación de los resultados se evidenció que la RA se ha integrado al marco pedagógico del aprendizaje electrónico y la educación a distancia, consolidándose como una alternativa innovadora para fortalecer los procesos de enseñanza en entornos presenciales y no presenciales, pues se ha convertido en una herramienta que facilita la interacción, la visualización de contenidos y la comprensión de conceptos complejos,

Se identificaron oportunidades y vacíos de investigación en disciplinas aún poco exploradas ya que la producción científica ha centrado su atención principalmente en áreas tecnológicas y en el diseño de recursos didácticos interactivos, dejando en segundo plano la exploración de enfoques pedagógicos y metodológicos que profundicen en la integración efectiva de la RA en la práctica docente y aunque existen avances significativos en el desarrollo de herramientas y aplicaciones, aún persisten vacíos relacionados con la evaluación del impacto

de estas experiencias en el aprendizaje, la adaptación de la RA a diferentes contextos educativos y la formación docente para su uso pedagógico.

Este estudio deja en evidencia que la Realidad Aumentada (RA) ha pasado de ser una tendencia emergente a consolidarse como un recurso con aplicaciones concretas en la enseñanza, lo cual representa un avance significativo para la comunidad académica. Para los investigadores, los resultados ofrecen una visión clara del punto en el que actualmente se encuentra la RA, así como de las líneas que pueden seguir fortaleciéndose y de los vacíos que aún requieren exploración. Para los docentes, reflejan la oportunidad de incorporar la RA como un apoyo didáctico que motive, involucre y potencie el aprendizaje de los estudiantes. Finalmente, para la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), estos hallazgos constituyen un aporte valioso al consolidar su compromiso con la innovación tecnológica y su liderazgo en la educación virtual y a distancia, proponiendo el uso de estas tecnologías como herramientas que fomentan un aprendizaje más autónomo, real y digital. En conjunto, esta monografía reafirma el papel de la institución en la formación de profesionales capaces de desenvolverse en entornos digitales cada vez más dinámicos.

Finalmente se encuentra la necesidad de continuar profundizando en el estudio y la aplicación de la RA dentro del ámbito educativo, especialmente en lo que respecta a su integración con otras tecnologías emergentes, como por ejemplo la combinación de la RA con la Inteligencia Artificial, Redes 5G, IOT, Blockchain, Biotecnología, entre otras orientadas a la personalización de experiencias de aprendizaje según las necesidades individuales de los estudiantes; el uso de la RA en escenarios de educación inclusiva, que promuevan la participación de diversos grupos poblacionales; y la aplicación de la RA para fortalecer las prácticas pedagógicas en entornos formativos, considerando la adaptación tanto de los

estudiantes como de los docentes a estas nuevas dinámicas tecnológicas. Estas proyecciones permitirán avanzar hacia modelos educativos más flexibles, interactivos e innovadores, alineados con las demandas de la educación contemporánea.

Referencias Bibliográficas

Acerca de Scopus | Base de datos de resúmenes y citas | Elsevier. (s. f.-c). www.elsevier.com.

<https://www.elsevier.com/es-es/products/scopus>

Alegría Martín, M. J. (2015). Aplicaciones de la realidad aumentada en el ámbito de la enseñanza superior. Diseño de un proyecto piloto. Cuadernos de Gestión de

Información, 5(1), 18–35. Recuperado a partir de

<https://revistas.um.es/gesinfo/article/view/232191>

Aljattabi, M. (2017). Realidad Aumentada como Herramienta de E-learning en la Educación

Primaria: Barreras para la Adopción Docente. Revista internacional de tecnologías emergentes en el aprendizaje, 12 (2), 91–100. <https://doi->

[org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.3991/ijet.v12i02.6158](https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.3991/ijet.v12i02.6158)

Alonso, S., Cabrerizo, F. J., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2010). h-Index: A review of various variants and interpretations. Journal of Informetrics, 4(3), 184–189.

<https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.01.003>

Azuma, R.T. (1997). A survey of augmented reality. Presence, 6 (4), p. 355-385.

Barriga, F. D. (2007). Educación y nuevas tecnologías de la información: ¿hacia un nuevo paradigma educativo innovador? (Universidad Nacional Autónoma de México ed.).

México.

Cabero, J., & Barroso, J. (2016). The educational possibilities of Augmented Reality. NAER.

New Approaches in Educational Research, 5, 1. 44-50

Cabero, J., & García, F. (Coords.). (2016). Realidad aumentada. Tecnología para la formación.

Madrid: Síntesis

- Callon, M., Courtial, J. P., & Laville, F. (1991). Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry. *Scientometrics*, 22(1), 155–205.
- Carracedo, J. de P. & Martínez Méndez, C. L. (2012). Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense. STUDYLIB. <https://studylib.es/doc/6991610/realidad-aumentada---ieeerita>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Análisis bibliométrico: ¿Qué es y cómo se hace? *Revista Española de Documentación Científica*, 34(3), 401–418. <https://doi.org/10.3989/redc.2011.3.789>
- Cobo, M., López-Herrera, A., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). SciMAT: A new science mapping analysis software tool. *Journal Of The American Society For Information Science And Technology*, 63(8), 1609-1630. <https://doi.org/10.1002/asi.22688>
- Coulter, S., McGowan, T., & McDowell, R. (1998). Mapping the research output of Canadian political scientists: Bibliometrics and the changing structure of the discipline. *Canadian Review of Sociology/Revue canadienne de sociologie*, 35(3), 391–419. <https://doi.org/10.1111/j.1755-618X.1998.tb00723.x>
- ESCORCIA, T. A. (2008). El Análisis Bibliométrico Como Herramienta Para el Seguimiento de Publicaciones Científicas, Tesis y Trabajos de Grado. (Tesis). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Espinosa, C. P. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (46), 187-203.

- Fombona, J., et al., (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 197-210
- García, I., Peña-López, I., Johnson, L., Smith, R., Levine, A., & Haywood, K. (2010). Informe Horizon: Edición Iberoamericana 2010. Austin, Texas: The New Media Consortium
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(46), 16569–16572.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0507655102>
- Johnson, A., & Lee, M. (2021). Augmented reality in education: A review of recent developments and future directions. *Journal of Educational Technology*, 45(2), 120-135.
- Johnson, L. et al., (2016). NMC Horizon Report: 2016. Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnson, L., Adams, S. y Cummins, M. (2012). Informe Horizon del NMC: Edición para la enseñanza universitaria 2012. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Muñoz, J. M. (2013). Realidad Aumentada, realidad disruptiva en las aulas. *Boletín SCOPEO*, 82. Recuperado de <http://scopeo.usal.es/realidad-aumentada-realidad-disruptiva-en-las-aulas>
- Peters, H., & van Raan, A. (1993). The influence of scientific collaboration on the structure of scientific research. *Scientometrics*, 28(3), 231–238. <https://doi.org/10.1007/BF02022762>
- Pita, A. I. G. (2018, 25 septiembre). La realidad aumentada en entornos educativos, *La Realidad Aumentada*. <https://www.eumed.net/rev/atlante/2018/09/realidad-aumentada-educativos.html>

- Prendes, C. (2015). Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 46, 187-203
- Salton, G., & McGill, M. J. (1983). *Introduction to modern information retrieval*. McGraw-Hill.
- Small, H., & Sweeney, E. (1985). Clustering of scientific papers. *Social Networks*, 7(3), 351–363. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(85\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0378-8733(85)90003-5)
- Smith, R., Brown, K., & Taylor, J. (2021). Emerging trends in augmented reality learning environments: An interdisciplinary approach. *Computers & Education*, 162, 104072.
- Solano López, E., Castellanos Quintero, S., López Rodríguez del Rey, M., & Hernández Fernández, J. (2009). La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada. *Medisur*, 7(4), 291-294. Recuperado de <http://www.medisur.sld.cu/index.php/medisur/article/view/745>
- Tecnológico de Monterrey (2015). Reporte EduTrends. Radar de Innovación Educativa 2015. Monterrey: Tecnológico de Monterrey.
- Tejada Estrada, G. C., Cruz Montero, J. M., Uribe Hernandez, Y. C., & Rios Herrera, J. J. (2019). Innovación tecnológica: Reflexiones teóricas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(85)
- Vasco Gutiérrez, D. F., Alzate Rios, L., Burbano, M., & Pereira, D. M. (2020). Desarrollo de un modelo de Arquitectura tecnológica orientada al despliegue de servicios interactivos de realidad aumentada para apoyar los procesos didácticos del laboratorio de operaciones y manufactura de la UNAD.
- Vásquez-Carbonell, Mauricio. 2022. "Una revisión sistemática de la literatura sobre la realidad aumentada en la educación en ingeniería: hardware, software, motivación de los estudiantes y recomendaciones de desarrollo". *Revista de Educación Digital*, no. 41 (junio): 249–67. <https://search-ebsohost->

com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/login.aspx?direct=true&db=eue&AN=159203506&lang=es&site=eds-live&scope=site.

Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of Learners' Attitude toward Learning in ARIES Augmented Reality Environments. *Computers & Education*, 68, 570-585.